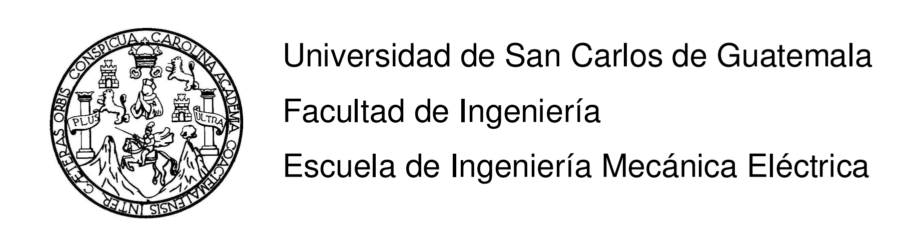


Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

MÓDULOS DE CONTROL UTILIZADOS EN MOTOGENERADORES DE EMERGENCIA

Maynor Nicolas Sánchez Godínez

Asesorado por el Ing. Manuel Antonio Pinto Maldonado

Guatemala, noviembre de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MÓDULOS DE CONTROL UTILIZADOS EN MOTOGENERADORES DE EMERGENCIA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:

MAYNOR NICOLAS SÁNCHEZ GODÍNEZ
ASESORADO POR EL ING. MANUEL ANTONIO PINTO MALDONADO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Alfonso Morales Masella
EXAMINADOR	Ing. Edgar Neptaly Carrera Díaz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MÓDULOS DE CONTROL UTILIZADOS EN MOTOGENERADORES DE EMERGENCIA,

tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, en mayo de 2009.

Maynor Nicolas Sánchez Godínez

Guatemala 05 de Octubre de 2009.

Ingeniero
Mario Renato Escobedo Martínez
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Estimado Ingeniero Escobedo:

A través de la presente me dirijo a usted para informarle que procedí a la revisión del trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica Eléctrica, titulado:"MÓDULOS DE CONTROL UTILIZADOS EN MOTOGENERADORES DE EMERGENCIA", realizado por el estudiante Maynor Nicolas Sánchez Godínez, identificado con carné universitario No. 8615626.

El trabajo final fue revisado en su totalidad y cumple con los objetivos y requisitos necesarios para un trabajo de graduación, por lo que en calidad de asesor doy dictamen de aprobación para que pueda ser presentado en su examen general público, previo a optar al título de Ingeniero Mecánico Electricista, en el grado de licenciado.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted, atentamente:

Ing. Manuel Antonio Pinto Maldonado
Colegiado No. 4472
Asesor

Manuel A. Pinto Maldonado
INGENIERO ELECTRICISTA
Col. No. 4472

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. EIME 41..2009
Guatemala, 15 de OCTUBRE 2009.

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martìnez
Escuela de Ingenierìa Mecànica Elèctrica
Facultad de Ingenierìa, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: "MÓDULOS DE CONTROL UTILIZADOS EN MOTOGENERADORES DE EMERGENCIA.", del estudiante Maynor Nicolás Sánchez Godínez, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Otto Fernando Andrino González
Coordinador Area de Electrotécnia



OFAG/sro

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 66. 2009.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Maynor Nicolás Sánchez Godínez titulado: "MÓDULOS DE CONTROL UTILIZADOS EN MOTOGENERADORES DE EMERGENCIA", procede a la autorización del mismo.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCIÓN ESCUELA DE INGENIERIA
MECANICA ELECTRICA
DE GUATEMALA

GUATEMALA, 21 DE OCTUBRE 2,009.

Universidad de San Carlos
de Guatemala

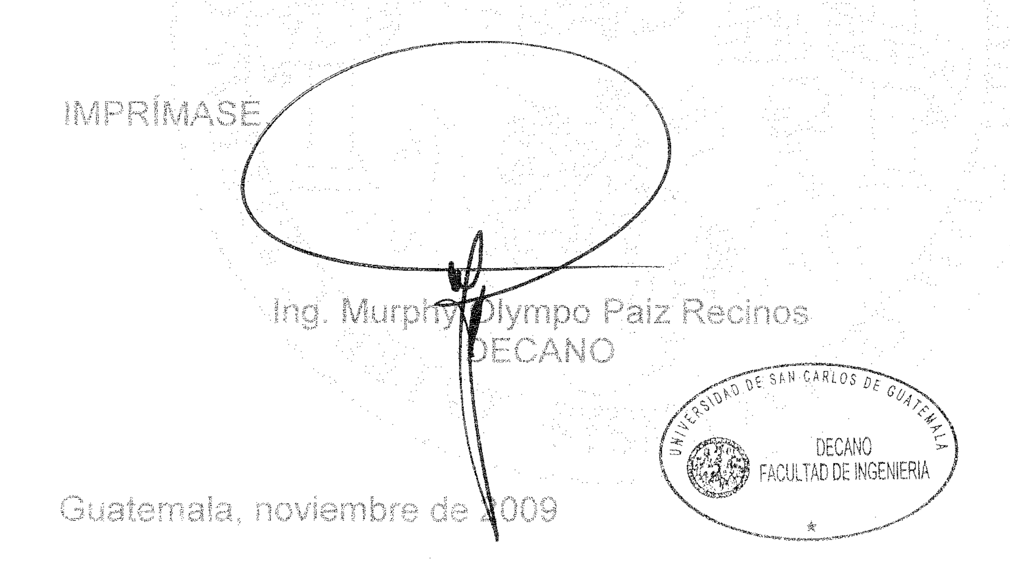


Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 515.2009

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **MÓDULOS DE CONTROL UTILIZADOS EN MOTOGENERADORES DE EMERGENCIA**, presentado por el estudiante universitario **Maynor Nicolás Sánchez Godínez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, noviembre de 2009

/gdech

ACTO QUE DEDICO A

Dios	Por ser mí guía, mi proveedor, mi salvador y buen pastor en todo momento.
Mis padres	Por su paciencia, dedicación y haber sembrado en mi el amor por el estudio.
Mis hermanos	Por su apoyo en estos años.
Mi esposa	Por su gran amor, compañía y apoyo incondicional en todo momento.
Mis hijas	Por ser mi constante inspiración.
Mi asesor, amigo y jefe	Ing. Manuel Pinto, gracias por el apoyo y conocimientos adquiridos.
Mis suegros	Por su apoyo incondicional.
Mis amigos	Que me han apoyado fielmente en todo momento.
La empresa	Por darme la oportunidad de hacer un pequeño aporte a su crecimiento.
A la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, USAC	Por los conocimientos adquiridos y que me han dado éxito profesional.
Al pueblo de Guatemala	Que al pagar sus impuestos me permitieron estudiar en la USAC

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

GLOSARIO

Alternador Generador de corriente alterna.

Analógico Un sistema en que las señales son utilizadas para representar números o cantidades físicas en forma contínua.

Amperio Unidad de medida de la corriente eléctrica, que debe su nombre al físico francés André Marie Ampere, y representa el número de cargas (coulomb) por segundo que pasan por un punto de un material conductor. (1 Amperio = 1 coulomb/segundo).

Batería Elemento eléctrico capaz de producir voltaje de corriente directa.

Generador Eólico Es aquel que se utiliza la fuerza del viento para mover el eje de los generadores eléctricos. Por lo general puede producir desde 5 hasta 300 kwatts.

Campo Magnético Distribución de la energía magnética en el espacio, creado por un imán o por el flujo de una corriente.

Corriente Eléctrica Desplazamiento de electrones a través de un material conductor de los mismos, y que son los que transportan la energía eléctrica que hace que los motores, lámparas, etc. por los que pasan, funcionen. Esto sólo ocurre si el circuito *está* cerrado y el conductor une el polo positivo del generador con el polo negativo del mismo.

Corriente Cantidad de carga que circula por un conductor por unidad de tiempo.

Corriente Alterna Es la corriente en la que el flujo de electrones está constantemente cambiando de dirección. La razón a la que ocurre el cambio se mide en ciclos por segundo y se denomina Hertz.

Corriente Directa Es la corriente eléctrica en la que los electrones fluyen en una sola dirección.

Digital Un sistema en que los caracteres o códigos son utilizados para representar números o cantidades físicas en forma discretos. Solamente poseen dos estados.

Electricidad Propiedad de los electrones y protones, expresada numéricamente como carga en coulombios.

Electrónica Campo de la tecnología que trata sobre aparatos electrónicos.

Fusible Dispositivo de protección que abre el circuito cuando hay un consumo de corriente mayor al esperado.

Generador Eléctrico Dispositivo electromecánico utilizado para convertir energía mecánica en energía eléctrica por medio de la inducción electromagnética.

Hertz Unidad de medida de la frecuencia, equivalente a 1/segundo.

Kilohertz Khz, mil Hertz, 1 Khz = 1000 Hz. Unidad de frecuencia.

Kilowatt KW, mil watts, 1 KW = 1000 vatios.

LED Light Emitting Diode. Diodo emisor de Luz.

LCD Liquid Crystal Display. Pantalla de cristal líquido.

Microprocesador Unidad de control de proceso (ALU y sistema de control) en forma de circuito de alta escala de integración.

Motor Diesel Dispositivo mecánico utilizado para convertir energía química de una explosión de combustible diesel en energía mecánica de rotación en un eje.

Motor Eléctrico El motor eléctrico permite la transformación de energía eléctrica en energía mecánica, esto se logra, mediante la rotación de un campo magnético alrededor de una espira o bobinado que toma diferentes formas.

Ohmio Unidad de medición de la resistencia eléctrica, representada por la letra griega Ω.

Óhmetro Instrumento que mide la resistencia. Este instrumento hace circular una corriente por la resistencia y mide el voltaje a través de ella obteniendo su valor.

Potencia La velocidad con la que se consume o suministra energía de un sistema.
Potencia = Energía / tiempo. La unidad de medición de la potencia es el Watt o Vatio (W).

Rectificador Circuito que convierte la corriente Alterna (C.A.) en corriente continua (C.C.).

Regulador	Es una medida de la calidad de la señal en C.C. entregada por un regulador ante variaciones de la carga. Se mide como la variación en la tensión de salida en condiciones extremas de carga (carga máxima y carga nula).
Regulador de tensión	Circuito diseñado para mantener una tensión constante, independientemente del valor de la carga.
Relación de vueltas	Cociente entre el número de espiras entre el primario y el secundario de un transformador. Np / Ns = Vp / Vs.
Resistencia	Es la medida de cuanto se opone un circuito al paso de la corriente eléctrica a través de él.
Retentividad	Cantidad de magnetización que permanece en un material ferromagnético al quitarle el campo magnético.
Rizado	Onda en corriente alterna de baja amplitud, superpuesta sobre una señal rectificada.
Sobrecarga	Es la condición en que la carga pide más corriente que la que puede suministrar la fuente de alimentación. Si el circuito no tiene protección contra sobrecargas se puede dañar.
Software	Programa, Sistema Operativo.
Tierra	Comprende a toda la conexión metálica directa, sin fusibles ni protección alguna, de sección suficiente entre

determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo, con el objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones o existan diferencias potenciales peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falla o la de descargas de origen atmosférico.

Vatio Medida de potencia. 1 Vatio = 1 julio / segundo.

Voltio Es la unidad de fuerza que impulsa a las cargas eléctricas a que puedan moverse a través de un conductor. Su nombre, voltio, es en honor al físico italiano, Alejandro Volta quien descubrió que las reacciones químicas originadas en dos placas de zinc y cobre sumergidas en ácido sulfúrico originaban una fuerza suficiente para producir cargas eléctricas.

Voltímetro Instrumento de medición que mide la tensión (voltaje) en un componente. El instrumento se coloca en paralelo con el elemento al que hay que medir su tensión.

Watt Medida de potencia. 1 Watt = 1 julio / segundo.

RESUMEN

El trabajo de tesis de graduación, **“Módulos de control utilizados en motogeneradores de emergencia”** surge como un proyecto de solución a una de las fallas más frecuentes encontradas en estaciones de telecomunicaciones en una de las empresas más grandes en este sector en Guatemala. Con más de 1000 sitios en operación, se tenía un alto porcentaje de fallas en el suministro eléctrico a dispositivos de transmisión y conmutación. Al hacer un análisis detallado de las fallas se encontró que la mayoría se relacionaban directamente con los módulos de control de los grupos electrógenos, los cuales se dañaban por tormentas eléctricas o fallaban por daños en los dispositivos periféricos que interactúan con ellos.

También se encontró en el proceso que la mayoría de técnicos e ingenieros tenían poca o ninguna experiencia en la configuración y operación de los módulos de control. Esto hacia aún más grande el problema ya que normalmente lo común era atribuir las fallas a los módulos de control.

La acción normal en estos casos seria la sustitución del módulo de control. Sin embargo otro problema encontrado fue que muchos de los módulos de control ya se encontraban discontinuados por el fabricante. Ante este panorama se tomó la decisión de comenzar a investigar en detalle el funcionamiento de los módulos de control para comprender mejor su operación y configuración para poder sustituirlos por módulos de cualquier marca y capacitar al personal en la instalación, operación y diagnostico de fallas.

Por medio de la investigación, pruebas de campo, y capacitación se ha logrado hacer un rediseño de estos sistemas en más de 300 grupos electrógenos que han presentado fallas en los últimos años. Como consecuencia se ha tenido una reducción de fallas de más de 95% por año.

OBJETIVOS

GENERAL

Desarrollar un completo entendimiento del funcionamiento, operación y configuración de los módulos de control utilizados en grupos electrógenos con la finalidad de implementarlos en cualquier marca y modelo de equipo.

ESPECÍFICOS:

1- Estudiar los diferentes elementos que conforman un sistema redundante de corriente alterna formado por un grupo electrógeno, para entender su funcionamiento y su interacción con los módulos de control.
2- Establecer la correspondencia eléctrica entre cada dispositivo y parámetro que lleva un módulo de control, sin importar la marca y modelo.
3- Realizar la implementación de varios módulos de control en diferentes grupos electrógenos y verificar su operación exitosa.

INTRODUCCIÓN

Guatemala ha experimentado un notable crecimiento en materia de telecomunicaciones desde 1998. Todas las compañías de este sector han venido instalando celdas de telefonía celular, nodos de acceso a datos, centrales de telefonía fija y estaciones repetidoras. Actualmente existen en todo el país más de cinco mil sitios en operación. Debido a que en muchos lugares en el interior del país la energía eléctrica es muy inestable y que cada día las aplicaciones son más críticas, es indispensable que cada sitio de telecomunicaciones cuente con sistemas eléctricos redundantes, provistos de dos o más fuentes de energía eléctrica que nos aseguren un suministro ininterrumpido.

En la mayoría de los casos, la energía eléctrica que alimenta un sitio de telecomunicaciones es proporcionada por cualquier empresa eléctrica. Sin embargo, durante un corte de energía eléctrica, ya sea programado por mantenimiento, por fallas en la red o cualquier perturbación en las líneas de distribución, se hace necesario que un sistema automático realice las maniobras de arranque y transferencia de carga hacia un grupo electrógeno, el cual es operado por un motor diesel que mueve un generador eléctrico y de esta forma tener energía de respaldo. Cuando se normaliza la red comercial, es necesario que el sistema automáticamente transfiera la carga hacia la red comercial y apague el grupo electrógeno.

Para aplicaciones más críticas, se han desarrollado sistemas de respaldo que cuentan con dos grupos electrógenos accionados por transferencias duales. De esta forma si un grupo falla, el otro pueda operar automáticamente. Estos sistemas son más complejos pero ofrecen un doble respaldo de energía.

Se hace énfasis en los grupos electrógenos, los cuales están formados por un motor diesel, un generador de corriente alterna y un módulo de control, ya que son estos últimos, el tema central de este trabajo, sin embargo, existen otros tipos de sistemas eléctricos de respaldo como lo son las plantas eléctricas de corriente directa que tienen rectificadores y bancos de baterías; los sistemas de respaldo eólicos, los sistemas solares y otros que se analizan brevemente en el primer capítulo.

ANTECEDENTES

Origen de los casos

Guatemala es uno de los países que cuenta con regiones muy propensas a descargas electroatmosféricas. La mayor parte de los departamentos ubicados en la costa del pacifico tienen índices de más de 150 días de tormentas al año, en comparación con otros países que tienen menos de 100 días de tormenta promedio al año. La mayoría de estaciones de telecomunicaciones se encuentran en las partes más altas de las montañas y esto hace que los rayos provoquen daños frecuentes a los equipos. Uno de los equipos más importantes en materia de energía eléctrica es el módulo de control. Un pequeño dispositivo que monitorea la energía comercial, efectúa las maniobras de arranque y paro de un grupo electrógeno y trasfiere carga a un generador de emergencia.

Una de las fallas más frecuentes en los grupos electrógenos se atribuye al módulo de control, el cual puede dañarse o funcionar mal cuando uno de sus dispositivos periféricos se dañan. El mayor problema encontrado fue al haber muchas marcas, tecnologías y modelos de grupos electrógenos, los módulos de control también eran diferentes y en muchos casos ya están discontinuados por el fabricante.

Se encontraron en el desarrollo de este trabajo muchos grupos electrógenos fuera de operación y las consecuencias para las estaciones de telecomunicaciones incidían directamente en la continuidad del servicio.

Búsqueda de soluciones

El 95 % de las fallas se debía a problemas relacionados con el módulo de control, se planteó la necesidad de analizar en detalle su funcionamiento y operación para que fuera muy fácil la sustitución e implementación en cualquier grupo electrógeno, sin importar la marca, modelo o tecnología. También se puede generalizar su uso, análisis de fallas y solución de las mismas para todo el personal técnico de la empresa mediante la capacitación a todos los niveles.

1. CONCEPTOS BÁSICOS

1.1 Sistemas redundantes de energía:

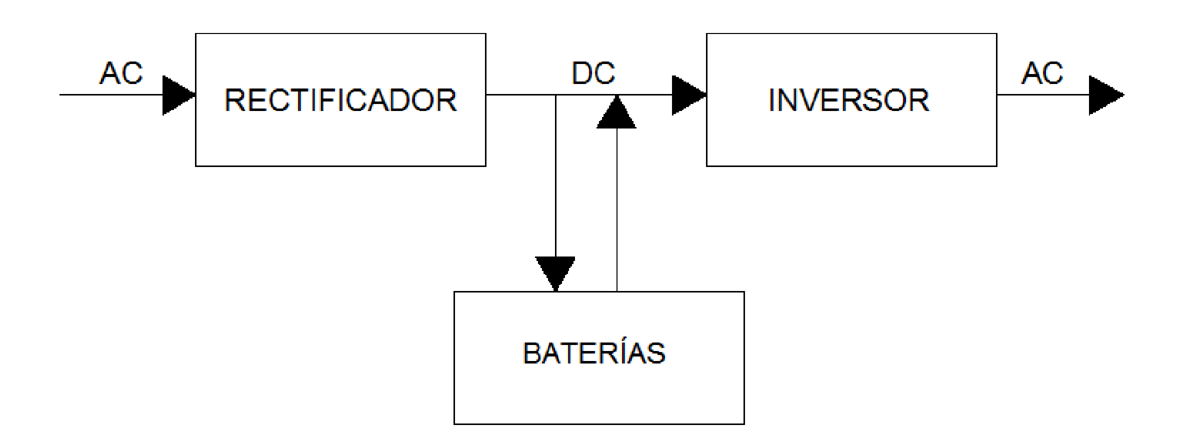
Hay diferentes formas de garantizar el suministro eléctrico cuando se tienen aplicaciones importantes. En la actualidad la ingeniería se enfoca a tener energía de respaldo principalmente en el área de informática y telecomunicaciones. Sin embargo también son de gran importancia las aplicaciones hospitalarias, control y automatización industrial y muchos sectores más.

Aunque en este trabajo se hace énfasis a los sistemas redundantes de corriente alterna para telecomunicaciones, también los conceptos pueden aplicarse en otras áreas en las que se requiera energía sin interrupciones.

Los principales sistemas redundantes de energía son los siguientes:

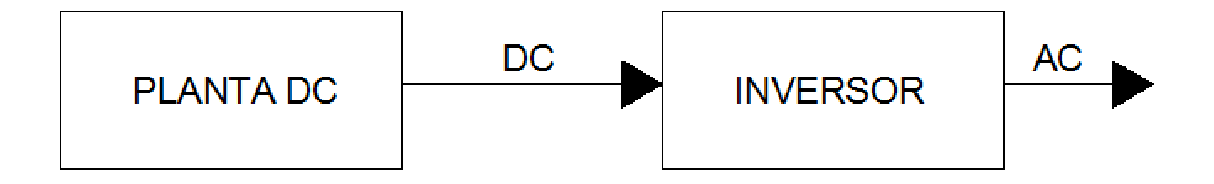
1.1.1 Sistemas basados en UPS (Fuentes ininterrumpidas de alimentación ó uninterruptible power supply, en inglés). Estos sistemas están basados en un rectificador, un inversor y un banco de baterías. En la figura 1, el rectificador cambia la corriente alterna de entrada en corriente directa y se mantiene un flujo de energía hacia el banco de baterías y hacia el inversor. El inversor a su vez cambia la corriente directa en corriente alterna para alimentar la carga. Cuando el flujo de corriente alterna de la entrada se interrumpe, las baterías comienzan su ciclo de descarga alimentando el inversor y este, a la carga. El tiempo de respaldo depende de la capacidad de carga de las baterías y de la corriente de carga; oscila entre uno y treinta minutos.

Figura 1. **Esquema interno de un UPS.**



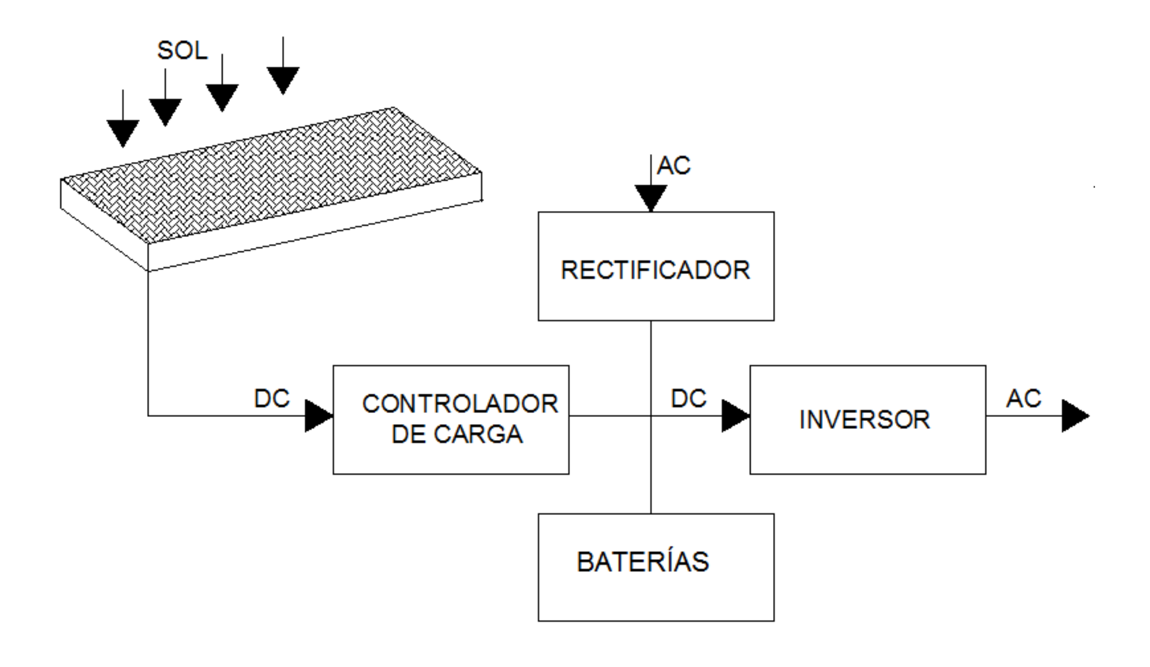
1.1.2. Sistemas basados en inversores. Son sistemas alimentados por corriente directa, generalmente de de -48 voltios. En la figura 2, la energía fluye de una planta de corriente directa hacia los inversores y es convertida en corriente alterna para la alimentación de las cargas. Estos sistemas generalmente ofrecen varias horas de respaldo ya que cuentan con grandes bancos de baterías.

Figura 2. **Esquema de un sistema redundante con inversores.**



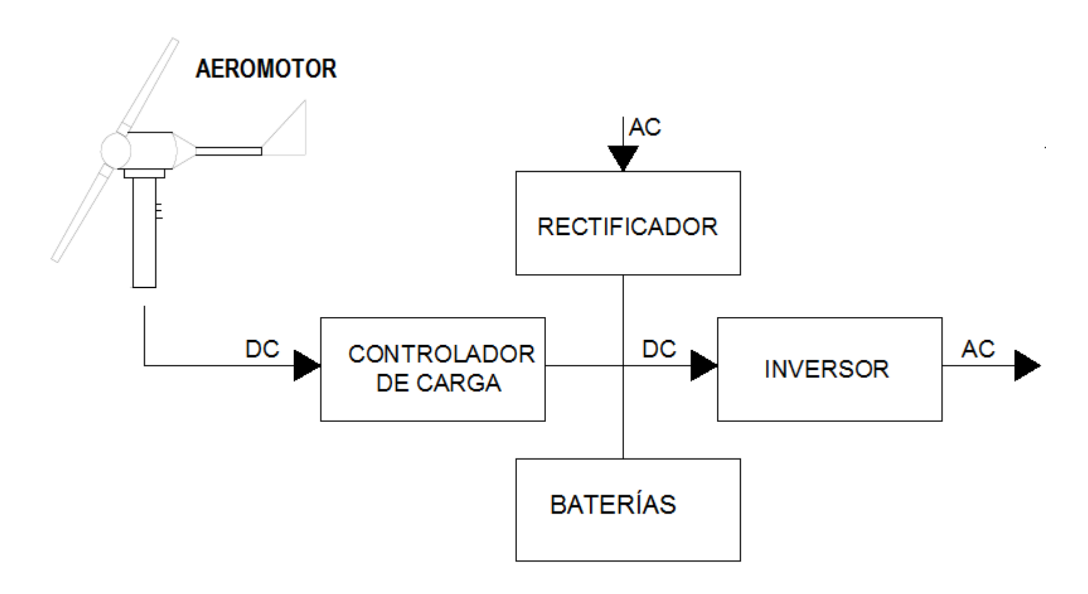
1.1.3. Sistemas solares: Para estos sistemas de respaldo se utiliza como fuente alterna de energía la corriente proveniente de celdas fotovoltaicas. En la figura 3 se puede observar que las celdas fotovoltaicas proporcionan un voltaje de corriente directa al controlador de carga. De la misma forma la energía proveniente de la compañía eléctrica, proporciona corriente alterna a un rectificador y éste a su vez alimenta el controlador de carga. El controlador de carga mantiene la carga de la batería y suministra corriente directa al inversor. Cuando se interrumpe el suministro de corriente en las celdas fotovoltaicas o en la compañía eléctrica, las baterías entran en descarga alimentando la carga a través del inversor.

Figura 3. **Esquema de un sistema redundante solar.**



1.1.4. Sistemas Eólicos: Con la ayuda de un aeromotor, es posible aprovechar la energía del viento para producir un voltaje. En la figura 4 podemos ver un sistema típico. La energía de corriente directa del aeromotor llega al controlador de carga al igual que la energía rectificada de la red comercial. La corriente directa en la salida del controlador de carga mantiene la carga de las baterías y alimenta el inversor.

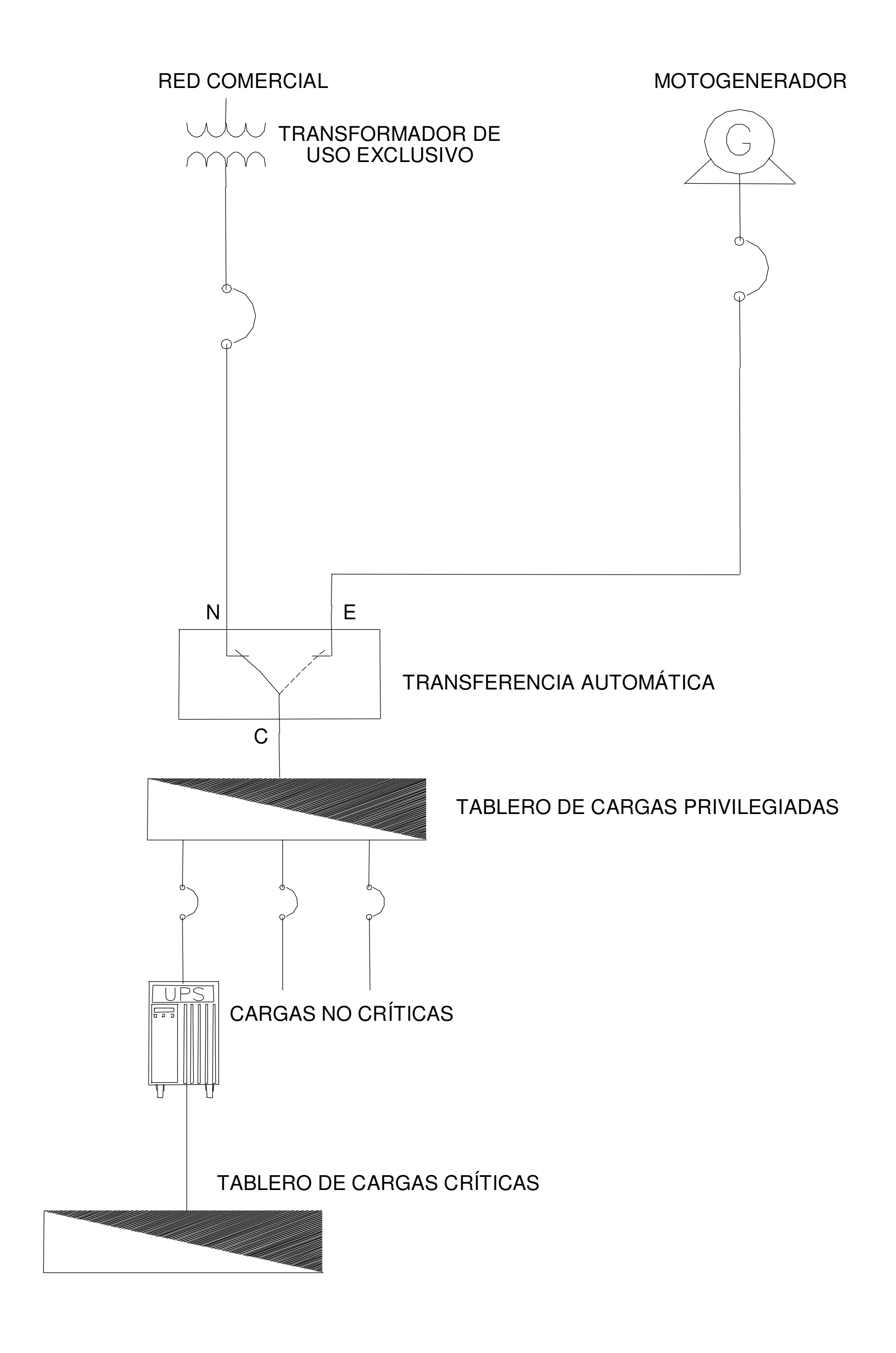
Figura 4. **Esquema de un sistema redundante eólico.**



1.2. Sistemas redundantes con grupos electrógenos.

En la actualidad los sistemas redundantes de alimentación eléctrica están constituidos por dos fuentes de energía. La fuente primaria es en la mayoría de los casos la energía que suministra la compañía eléctrica y la energía de respaldo es provista por un grupo electrógeno operado con combustible diesel. En la figura 5 se muestra un diagrama unifilar típico de un sistema redundante de corriente alterna.

Figura 5. **Arreglo típico de un sistema redundante de corriente alterna.**



Funcionamiento:

- La energía eléctrica que alimenta la carga es provista por la compañía eléctrica, a través de un transformador exclusivo que alimenta el interruptor de protección principal, luego pasa al interruptor de transferencia por la posición N y finalmente a la carga en la posición C. Nótese que hay cargas críticas que tienen una protección de un UPS (Uninterruptible Power Supply). Las cargas que tienen la protección de un UPS regularmente son cargas que en ningún momento pueden quedarse sin energía. En el caso de las telecomunicaciones son aplicaciones críticas como radios de transmisión, concentradoras de fibra óptica, sistemas de climatización etc.

- Cuando se interrumpe la alimentación de la compañía eléctrica, el motogenerador arranca automáticamente y el interruptor de transferencia conmuta la carga hacia la posición E. De esta forma se restablece el suministro de energía a la carga. El tiempo que dura la transición entre en corte de la red comercial, el arranque de motogenerador y el cambio entre la posición N y E de la transferencia es un tiempo que dura algunos segundos y la carga se queda desenergizada, sin embargo las cargas criticas siguen siendo alimentadas por el UPS.

- Cuando la red comercial retorna se realiza el proceso inverso. Primero la transferencia conmuta la carga de la posición E a la posición N, luego se mantiene el motogenerador activado durante unos minutos sin carga y luego se apaga, quedando nuevamente listo para operación automática en caso de un nuevo evento.

1.3. Sistemas duales de grupos electrógenos:

Algunos sitios de telecomunicaciones o aplicaciones especiales utilizan dos motogeneradores para asegurar el suministro de energía a las cargas. En la figura 6 se muestra un diagrama unifilar típico para estos sistemas. Los sistemas duales son utilizados en los nodos de mayor importancia en los sistemas de telecomunicaciones.

Figura 6. **Arreglo de un sistema dual de corriente alterna.**

RED COMERCIAL
MOTOGENERADOR No.1
MOTOGENERADOR No.2
TRANSFORMADOR DE
USO EXCLUSIVO
1
2
N
E
TRANSFERENCIA AUTOMATÍCA
C
TABLERO DE CARGAS PRIVILEGIADAS
UPS
CARGAS NO CRITÍCAS
TABLERO DE CARGAS CRÍTICAS

Funcionamiento:

- Manualmente se selecciona cual de los dos Motogeneradores va a permanecer seleccionado como principal. Supongamos que en la figura 2 se selecciona el motogenerador 1 como principal. Al haber un corte de red comercial, el sistema automáticamente detecta que no hay red comercial, arranca el motogenerador 1 (Seleccionado como principal) y al haber arrancado conmuta la carga de la posición N a la posición E. La carga se mantiene alimentada con el motogenerador 1 mientras no retorne la red comercial.

- Mientras la carga es alimentada por el motogenerador 1 existe el riesgo que el motogenerador 1 falle por cualquier razón. Si esto llega a ocurrir, el sistema detecta la falla y automáticamente arranca el motogenerador 2 y conmuta la carga de la posición 1 a la posición 2.

- Cuando se restablece la red comercial, el sistema conmuta la carga de la posición E la posición N, mantiene el motogenerador 2 operando sin carga durante algunos minutos y después lo apaga. Todo este proceso lo realiza el sistema de control automáticamente sin la intervención de un operador.

2. MARCO TEÓRICO

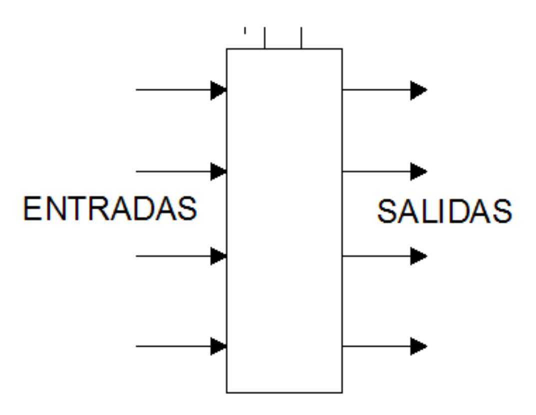
Para una mejor compresión del funcionamiento y operación de los módulos de control, es necesario analizar el funcionamiento de cada uno de los equipos que conforman un sistema redundante de corriente alterna. Los equipos que conforman un sistema redundante de corriente alterna son:

- Módulo de control
- Motor Diesel.
- Generador de corriente alterna.
- Interruptores de transferencia automáticos.

2.1. Funcionamiento básico del módulo de control

Un módulo de control es un equipo electrónico basado en dispositivos de estado sólido y que permiten interactuar con un generador de corriente alterna, un motor diesel y un interruptor de transferencia automático. Todos los módulos de control requieren de una alimentación de corriente directa, generalmente la batería del grupo electrógeno. En las entradas y salidas que interactúan con el grupo electrógeno para su protección y monitoreo. En el capítulo 3 se hace un análisis más amplio del funcionamiento de los módulos de control. La figura 7 muestra un esquema de un módulo de control.

Figura 7. **Esquema de un módulo de control.**



Definimos como entradas las señales provenientes del grupo electrógeno como sensores de temperatura, sensores de presión de aceite, niveles de combustible y refrigerante, paros de emergencia etc. Las salidas son la señal de control de la bomba de inyección, la señal para el motor de arranque, luces de señalización y otras salidas especiales.

2.2. Funcionamiento básico del motor Diesel

Un motor de combustión interna consta en esencia de un cilindro, un pistón y una biela. El combustible se quema dentro del cilindro y al expansionarse los productos gaseosos de la combustión se realiza el trabajo; el movimiento rotatorio se produce por medio de la biela acoplada a un eje cigüeñal.

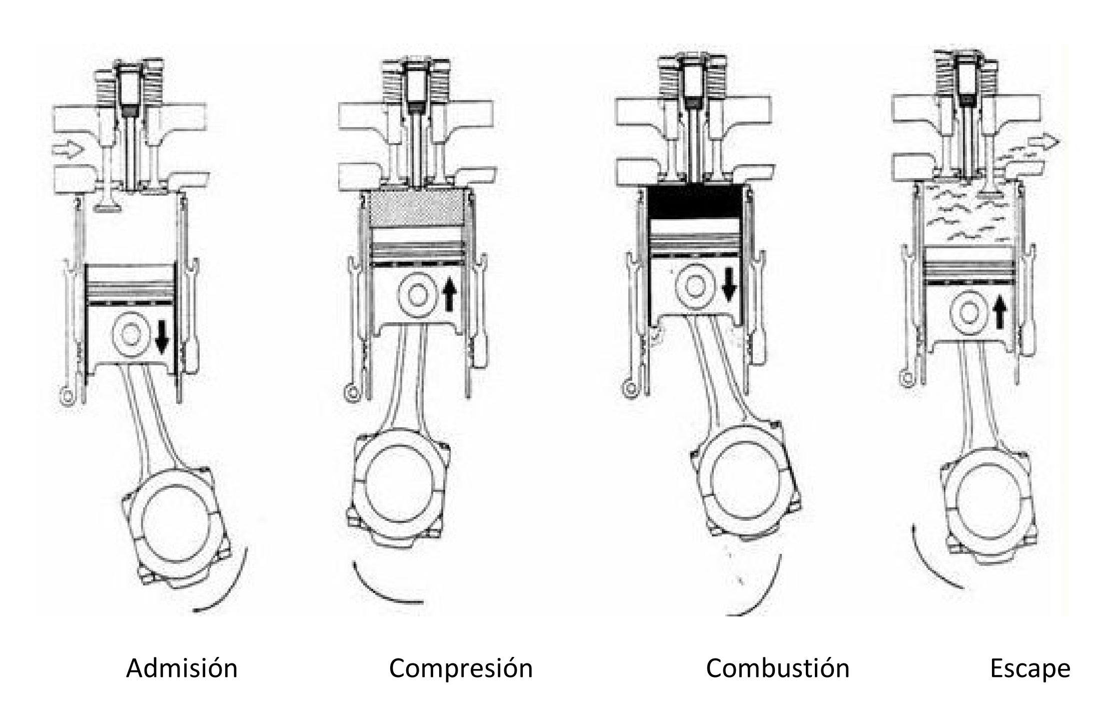
A principios de 1800 el francés Lenoir construyo el primer motor de gas, aunque de nulo rendimiento. En 1862 otro francés, Beau de Rochas patentó un ciclo, el cual fue utilizado por los alemanes Otto y Langen en un motor de cuatro

tiempos. En los motores de Ciclo Otto, el combustible y el aire se mesclan en un carburador y la mescla explota mediante una chispa. En 1892, Rodolfo Diesel concibió la idea de producir la ignición por medio de la compresión, en vez de utilizar chispa ó llama. En los motores de ciclo Diesel, el combustible es inyectado mediante una bomba o por aire comprimido y arde por el calor de la compresión. [1]

En la figura 8 se muestra un motor diesel de cuatro tiempos, el cual utiliza un ventilador para el barrido del cilindro y para introducir la carga de aire nuevo. Este ventilador es movido por el eje del motor. El aire entra por los inyectores a una presión relativa de 0.28 Kg/Cm^2 aproximadamente; los gases salen por la parte alta del cilindro a través de las válvulas de escape. Este motor desarrolla un ciclo completo en cada revolución. Un motor diesel funciona mediante la ignición (quema) del combustible al ser inyectado en una cámara (o precámara, en el caso de inyección indirecta) de combustión que contiene aire a una temperatura superior a la temperatura de autocombustión, sin necesidad de chispa. La temperatura que inicia la combustión procede de la elevación de la presión que se produce en el segundo tiempo motor, la compresión. El combustible se inyecta en la parte superior de la cámara de compresión a gran presión, de forma que se atomiza y se mezcla con el aire a alta temperatura y presión. Como resultado, la mezcla se quema muy rápidamente. Esta combustión ocasiona que el gas contenido en la cámara se expanda, impulsando el pistón hacia abajo. La biela transmite este movimiento al cigüeñal, al que hace girar, transformando el movimiento lineal del pistón en un movimiento de rotación.

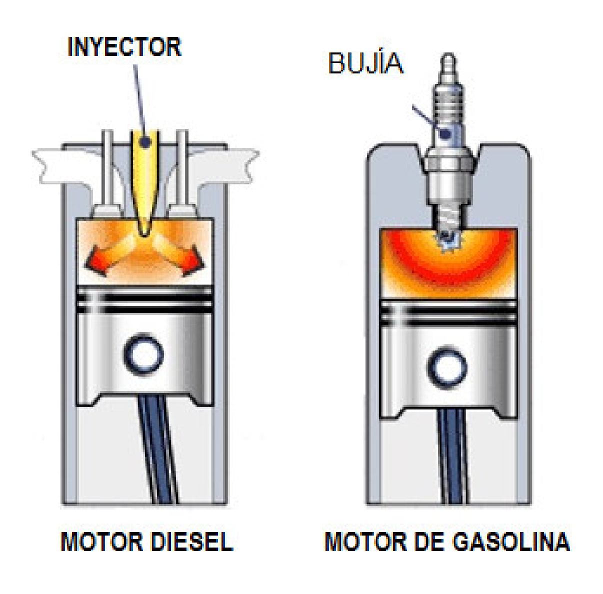
[1] La producción de energía mediante el vapor, aire ó gas. Editorial Reverté Mexicana, 1976. Páginas 415 a 416.

Figura 8. **Ciclos de un motor Diesel de cuatro tiempos.**



En la Figura 9 se muestra la diferencia en la ignición de los motores Diesel y Gasolina.

Figura 9. **Comparación entre sistemas de ignición.**



Para realizar la combustión es necesario inyectar una determinada cantidad de combustible finamente pulverizado en la cámara de combustión, en la cual se encuentra el aire comprimido y caliente. Dicha misión está encomendada a los inyectores, que reciben el combustible de la bomba de inyección. El combustible debe ser inyectado en la cámara de combustión en forma bien definida, pues el correcto funcionamiento de un motor Diesel depende en gran parte de una inyección correcta.

Los tipos de bomba de inyección empleados se dividen en dos grupos:

· Bombas de elementos en línea.

· Bombas rotativas.

Cualquiera que sea el tipo de bomba de inyección, es necesario controlar el paso de combustible hacia los inyectores. Esto se puede hacer mediante una electroválvula controlada eléctricamente mediante el módulo de control del grupo motor generador.

La inyección electrónica Diesel puede ser dividida en tres bloques: los sensores, la unidad de mando y control y los elementos actuadores.

Los sensores registran las condiciones operativas del motor y transforman diversas magnitudes físicas en señales eléctricas. Un sensor integrado directamente en la parte superior de los cilindros capta la temperatura de combustión y envía la señal al módulo de control. La presión del aceite de lubricación en el interior del motor es detectada por un sensor manométrico, que envía la correspondiente señal al módulo de control, al igual que las de los otros sensores.

La temperatura del motor es medida a través de una termistancia emplazada en el bloque motor, algunas veces en contacto con el líquido de refrigeración, si el

motor es enfriado por agua. Todas las señales de los diferentes sensores son enviadas al módulo de control para monitoreo de sus funciones.

2.3. Protección y monitoreo del motor Diesel

Los siguientes elementos eléctricos básicos son empleados para permitir el funcionamiento, protección y monitoreo del motor diesel:

Bomba de inyección: En muchos casos es accionada mecánicamente y solamente necesita de una electroválvula que abre y cierra el paso de combustible. Se mantiene accionada mientras el motor esta en operación. Al cerrarse el motor se apaga. También hay otros tipos de bombas de inyección accionadas electrónicamente con un módulo de control interno a la bomba de inyección. En este tipo de bombas de inyección únicamente necesita ser alimentada eléctricamente por el módulo de control.

Sensores de temperatura: Monitorean la temperatura del block del motor, temperatura de los cilindros y la temperatura de líquido refrigerante. Pueden ser analógicos y digitales. Están conectados directamente al módulo de control.

Sensores de presión de aceite*:* Los sensores de presión de aceite monitorean la presión del aceite lubricante en el interior del motor. Pueden ser analógicos y digitales. Están conectados directamente al módulo de control.

Motor de arranque*:* El sistema de arranque en los motores Diesel es por medio de un pequeño motor de arranque que suministra la potencia necesaria para hacer girar al motor y ponerlo en marcha. El motor de arranque se acopla al motor en el momento de arranque por medio de un solenoide y se desacopla al haber arrancado el motor.

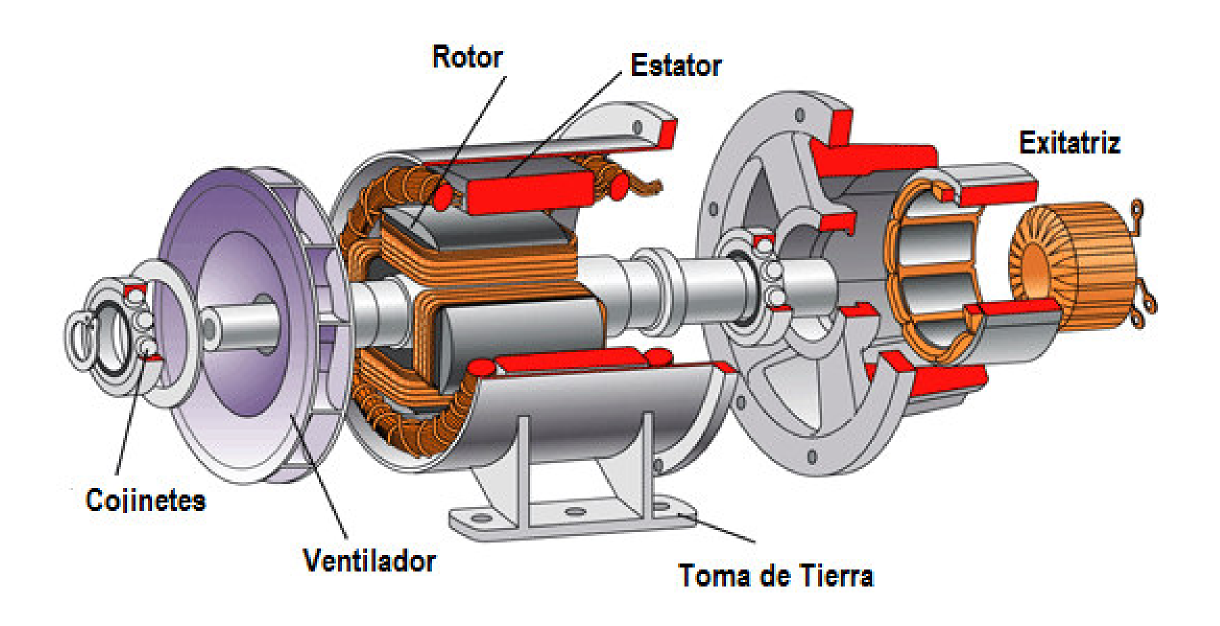
Sensores magnéticos: Algunos motores están equipados con sensores magnéticos que tienen dos usos: Pueden interactuar con un control electrónico en la bomba de inyección para regular la inyección de acuerdo a la velocidad

requerida o pueden interactuar con el módulo de control para monitoreo de frecuencia y velocidad del motor.

2.4. Funcionamiento básico del generador de corriente alterna

En la mayoría de grupos electrógenos utilizados para aplicaciones de emergencia, los generadores utilizados son máquinas sin escobillas, de campo giratorio constituidos básicamente por juegos de bobinas tanto en el estator como en el rotor. En la figura 10 se muestran las partes más importantes de un generador de corriente alterna.

Figura 10. **Partes principales del generador de corriente alterna.**



El principio de funcionamiento es sencillo: El rotor produce un campo magnético giratorio de corriente directa, el cual induce un voltaje alterno en un estator trifásico que es conducido hacia el exterior y conectado a la carga. El voltaje de corriente directa que tiene el rotor principal es producido a partir de un voltaje trifásico que es generado en el rotor de la excitatriz y rectificado por un conjunto de diodos giratorios montados en el mismo rotor de la máquina. De acuerdo al tipo de excitación que tenga el generador podemos distinguir entre generadores autoexcitados y generadores excitados por imán permanente (PMG, permanent magnetic generator). En los siguientes diagramas se muestra con más detalle el funcionamiento de cada uno.

2.4.1. Generadores autoexcitados

En la Figura 11 se muestra un generador autoexcitado de AC. El flujo de potencia se da en el orden siguiente:

1. Cuando el eje comienza a rotar por acción del motor diesel, por acción de campo magnético residual del estator excitador, se induce un voltaje en el rotor excitador. Este voltaje es rectificado en el sistema de diodos giratorios y producen un voltaje de DC que alimenta el rotor principal.

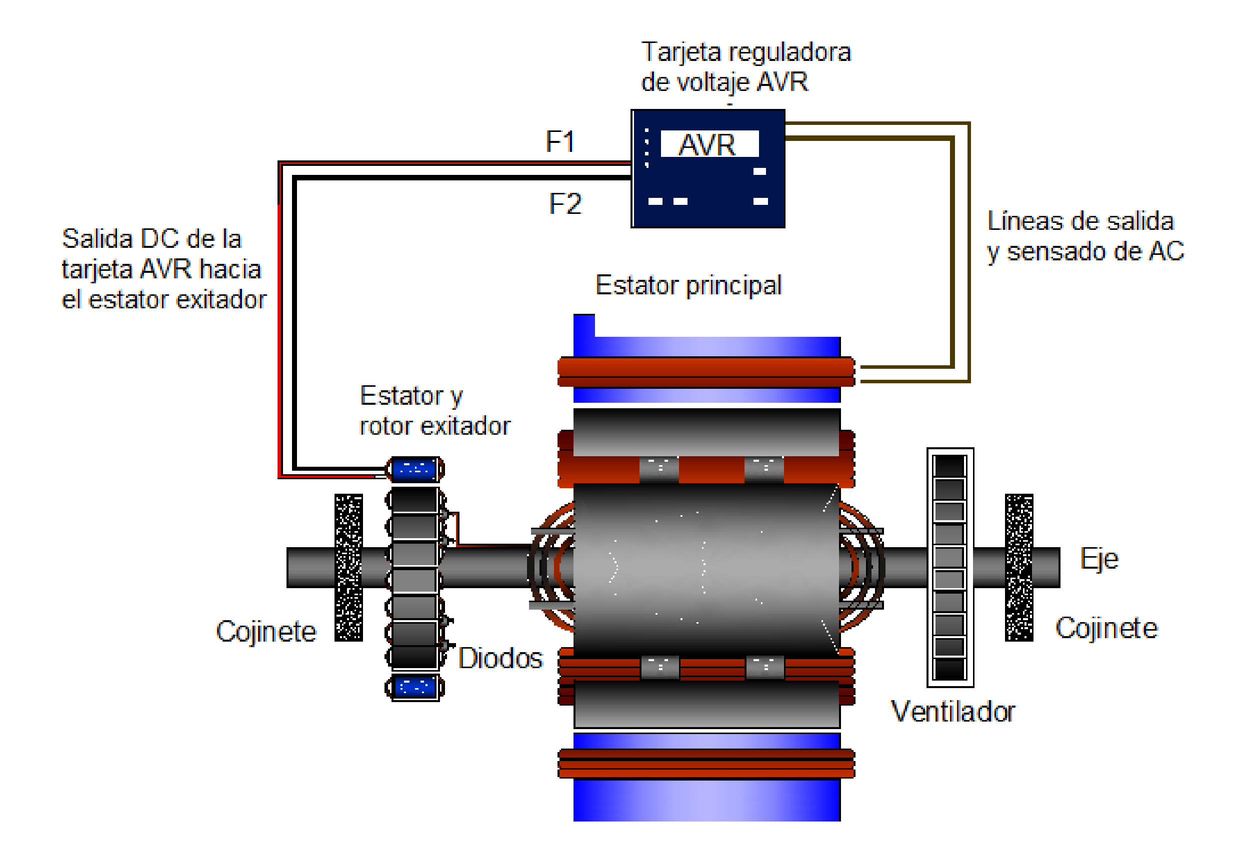
2. El rotor excitador al estar alimentado con DC produce un campo magnético giratorio que va induciendo un voltaje en los devanados trifásicos del estator principal.

3. El voltaje trifásico del estator principal es el que utiliza la carga del generador y se toma una muestra de voltaje para alimentar la tarjeta reguladora de voltaje (AVR = Automatic Voltage Regulator). El voltaje

tomado del estator principal tiene dos propósitos: Alimenta la tarjeta AVR y es la muestra de voltaje que servirá para regular la salida del generador.

4. La Tarjeta AVR comienza a producir un voltaje de DC que sale por las terminales F1 y F2 para alimentar el estator excitador y mantener el flujo magnético en el estator excitador.

Figura 11. **Esquema de un generador de AC autoexcitado.**



2.4.2. Generadores con excitación Independiente

La Figura 12 muestra un generador de AC con excitación independiente. Estos generadores no utilizan el magnetismo residual del estator excitador para comenzar a generar. En vez de esto, tienen un sistema de excitación separada para producir un voltaje de AC trifásico que alimenta la tarjeta AVR. El sistema de excitación independiente o PMG (Permanet Magnetic Generator) consta de un rotor con imán permanente que produce un campo magnético rotatorio e induce un voltaje en un estator trifásico. El flujo de potencia se da en el siguiente orden:

1. Cuando el eje comienza a rotar por acción del motor Diesel, por acción de campo magnético rotatorio del imán permanente del PMG, induce un voltaje trifásico en el estator del PMG. Éste voltaje es el que alimenta la tarjeta reguladora de voltaje AVR.

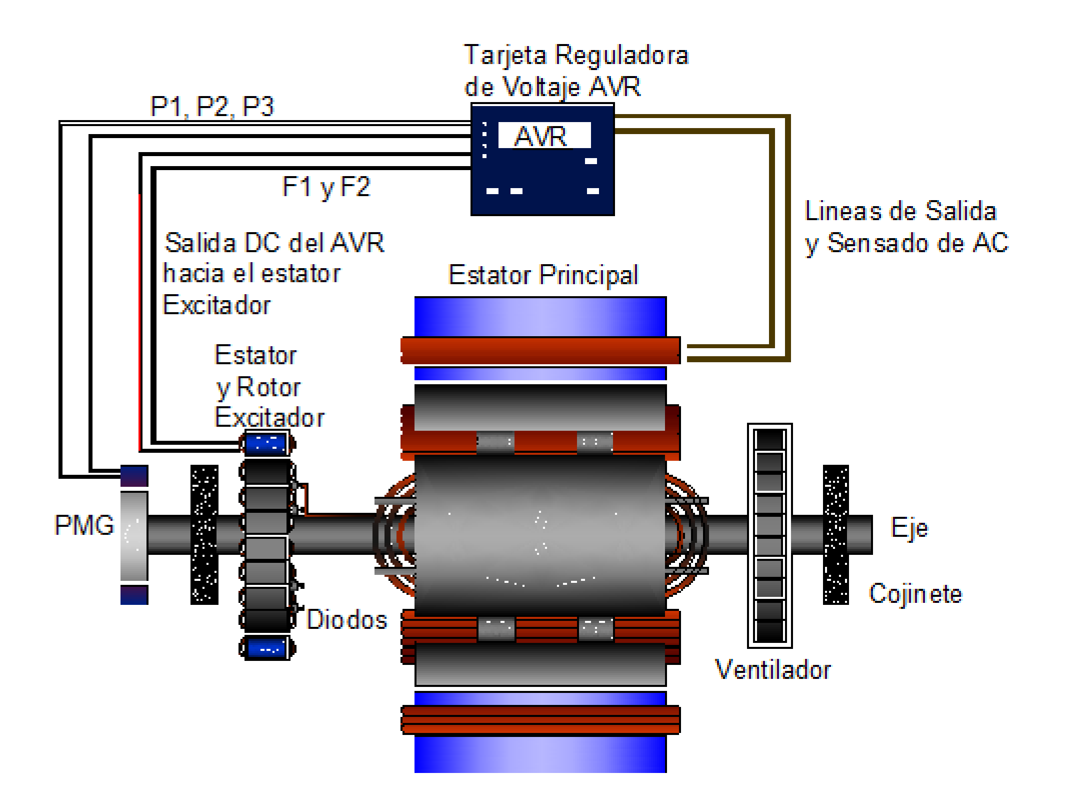
2. La tarjeta AVR al estar alimentada con un voltaje trifásico, genera un voltaje de DC que se utiliza para alimentar el rotor excitador.

3. El rotor excitador al estar alimentado con DC produce un campo magnético giratorio que va induciendo un voltaje en los devanados trifásicos del estator principal.

4. El voltaje trifásico del estator principal es el que utiliza la carga del generador y se toma una muestra de voltaje para alimentar la tarjeta reguladora de voltaje (AVR = Automatic Voltage Regulator). En este caso el voltaje tomado únicamente es una muestra para la regulación.

5. La Tarjeta AVR comienza a producir un voltaje de DC que sale por las terminales F1 y F2 para alimentar el estator excitador y mantener el flujo magnético en el estator excitador.

Figura 12. **Esquema de un generador con excitación independiente por PMG.**



2.5. Funcionamiento de los interruptores de transferencia automáticos

Un interruptor de transferencia automático es un dispositivo que permite seleccionar el medio por el cual se alimenta una carga: Con la red comercial proporcionada por cualquier empresa eléctrica o por un generador de emergencia. Cuando nos referimos a un dispositivo automático se refiere a que es un dispositivo accionado eléctricamente por medio de un motor lineal o un solenoide. Hay dos tipos de interruptores de transferencias automáticos: Con control autónomo y con control externo.

Los interruptores de transferencia con control autónomo están provistos de un controlador digital que permite su operación completamente autónoma e independiente del generador de emergencia. En la figura 13 se muestra un interruptor de transferencia típica con sus partes más importantes y en la figura 14 se muestra su esquema unifilar.

La carga puede ser alimentada por la red comercial o por un generador de emergencia. Cuando están equipadas con su propio control tienen líneas que monitorean la red comercial, el generador de emergencia y la salida a la carga; tanto en voltajes como corrientes.

Figura 13. **Interruptor de transferencia automática con control autónomo.**

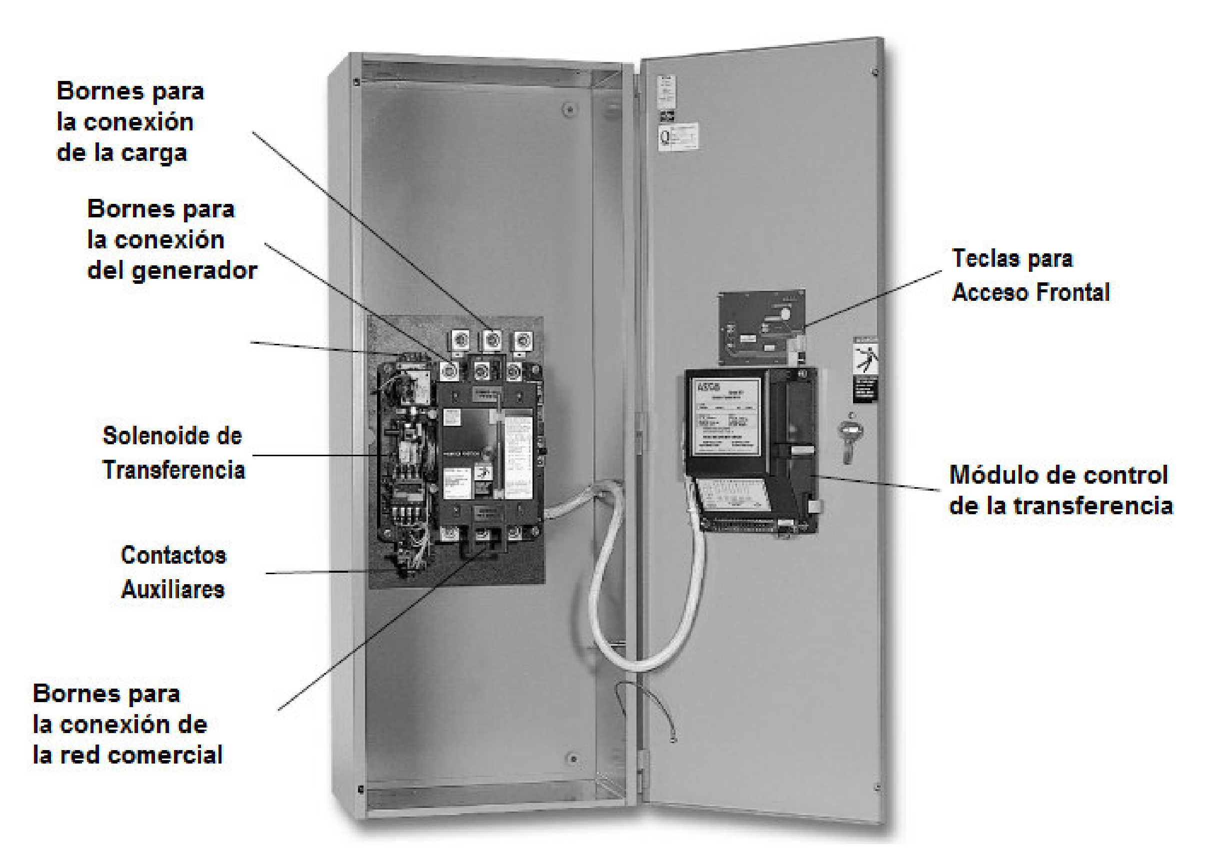
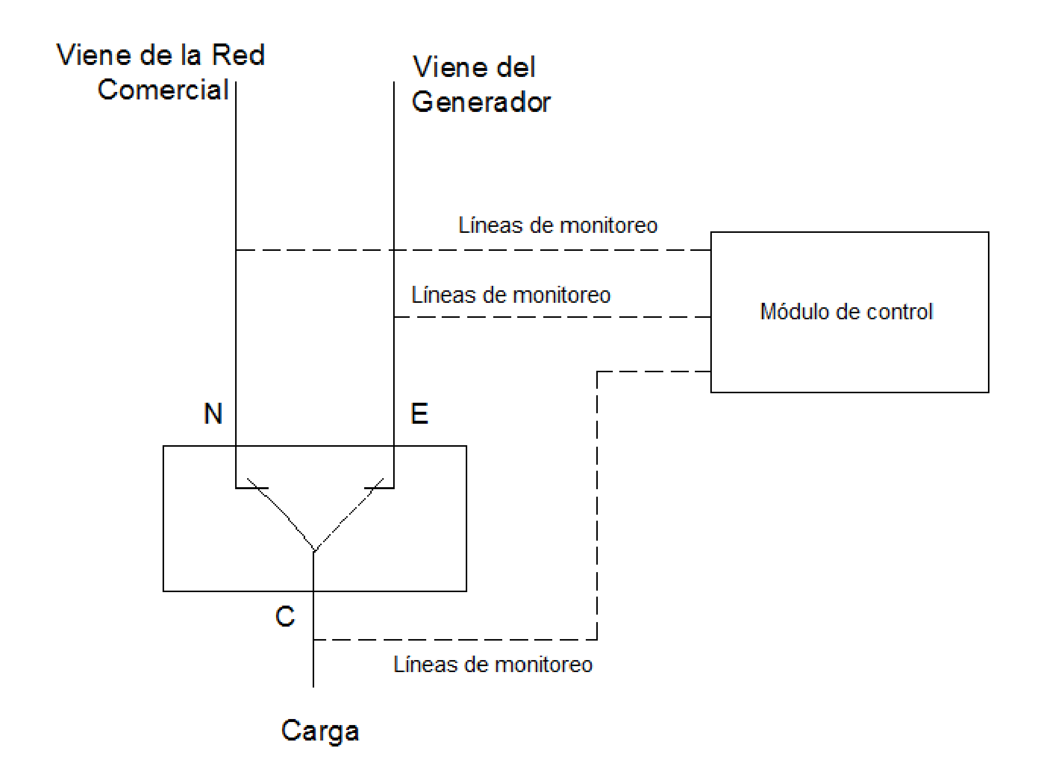


Figura 14. **Esquema unifilar de un interruptor de transferencia automático.**



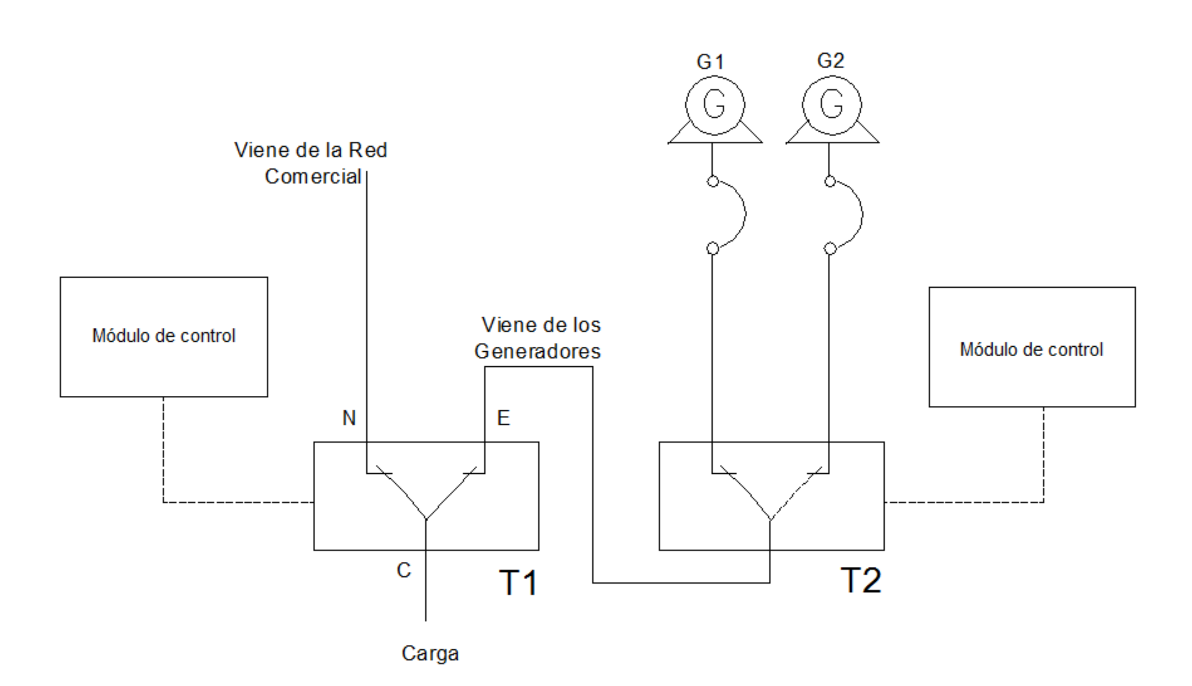
La única diferencia entre los dos tipos de interruptores de transferencia está en el módulo de control. Las que no tienen control autónomo para poder operar necesitan de dispositivos externos que les manden señales de transferencia y retransferencia. Todo el control y monitoreo se lleva a cabo externamente.

2.6. Funcionamiento de sistemas con transferencias duales

En la figura 15 se muestra un esquema de transferencias duales. Estos sistemas están construidos con dos interruptores de transferencia autónomos (T1 y T2) y que operando coordinadamente con ambos módulos de control pueden ofrecer un doble respaldo en instalaciones que suministran energía a aplicaciones muy importantes. Cuando la energía proveniente de la red

comercial falla, el interruptor de transferencia T1 arranca cualquiera de los generadores G1 o G2 seleccionado como principal y conmuta la carga de la posición N a la posición E. Si el generador seleccionado falla por cualquier razón, el sistema arranca el segundo generador y transfiere la carga de T2 al segundo generador.

Figura 15. **Esquema de un sistema de transferencias duales.**



2.7. Parámetros configurables en un interruptor de transferencia automático:

Los parámetros que normalmente controla un interruptor de transferencia con control autónomo son los siguientes:

2.7.1. Valores de voltaje, frecuencia y corriente

Voltaje de la red comercial*:* Monitorea constantemente el voltaje de la red comercial y se puede configurar los límites entre los cuales necesitamos mantener la carga. Fuera de estos límites se envía la orden de arranque del generador de emergencia y la carga es transferida al generador.

Voltaje de generador: Monitorea el voltaje del generador de emergencia. Sólo en ciertos niveles configurados es posible transferir la carga al generador. Fuera de estos límites el módulo de control puede avisar de una falla o continuar esperando antes de transferir la carga.

Corrientes: Algunas transferencias automáticas pueden monitorear las corrientes en el lado de la red comercial, en el lado del generador y en el lado de la carga. Dependiendo de la complejidad del módulo de control así son los parámetros que puede controlar.

Frecuencia: Algunas transferencias tienen la posibilidad de configurar los límites de frecuencia dentro de los cuales queremos operar. Tanto en el lado de la red comercial como del lado del generador.

2.7.2. Temporizadores

Los temporizadores más importantes que pueden configurarse en una transferencia automática son:

1. **Retraso de arranque**: Este temporizador establece un retraso de tiempo desde que hay una interrupción en el suministro de la red comercial o fuera de los límites programados y el envío de la señal de arranque. Se configura entre 5 y 30 segundos.

2. **Tiempo de transferencia**: Es el tiempo de retraso entre el momento en que el voltaje del generador se ha estabilizado y alcanzado su valor nominal y el momento en el que la carga es transferida al generador. Normalmente se configura entre 10 y 30 Segundos.

3. **Tiempo de retransferencia**: Es el tiempo de retraso entre el momento en que el voltaje de la red comercial ha retornado a sus límites configurados, se ha estabilizado y alcanzado su valor nominal y el momento en el que la carga es retransferida a la red comercial. Normalmente se configura entre 1 y 3 minutos.

4. **Tiempo de enfriamiento**: Este temporizador permite al motor operar en vacío antes de apagarse. Normalmente se configura entre 1 y 5 minutos.

5. **Tiempo neutro**: Algunas transferencias automáticas tienen la opción de configurar un tiempo neutro entre el tiempo de transferencia y el tiempo de retransferencia. Esto con el propósito de evitar fallas producidas por voltajes o corrientes transitorias durante el proceso de conmutación.

3. MÓDULOS DE CONTROL

3.1. Descripción general

Los módulos de control para grupos electrógenos son dispositivos especializados que se han desarrollado a partir de los PLC (Programable Logic Control), o controlador lógico programable. El desarrollo de los PLC comenzó en 1968 en la General Motors. Cuando se requerían cambios en las especificaciones o líneas de producción, los ingenieros invertían semanas o meses cambiando sistemas de control basados en relés. Dado que ya estaba en desarrollo la tecnología basada en computadoras, General Motors decidió desarrollar un sistema de control basado en componentes de estado sólido que permitiera hacer cambio con mucha flexibilidad a través de un software que técnicos e ingenieros pudieran utilizar. Además necesitaban dispositivos resistentes a la humedad, contaminación, ruido eléctrico, vibración y temperaturas extremas, propias de un ambiente industrial. Fue así como el primer PLC se instaló en 1969 y representó un gran ahorro de tiempo, materiales y mano de obra en las cadenas de ensamblaje de vehículos. Para la década de los 70 y 80, el uso del PLC se extendió en todas las industrias hasta llegar a nuestros días. [2]

Los PLC son dispositivos de control industrial que aparte de una fuente de alimentación, únicamente requieren entradas y salidas. A través de un software especializado se le dan instrucciones para obtener respuestas ante diferentes tipos de entradas. Las entradas pueden ser señales provenientes de interruptores, botones pulsadores, paros de emergencia, interruptores de límite,

---

[2] Micro-Mentor, Descripción y aplicación de los microcontroladores programables, Allen Bradley Company 1995. Rockwell International. Páginas 8 a 20.

etc. Las salidas pueden ser alimentaciones para relés, luces de señalización y cualquier dispositivo que necesite ser alimentado eléctricamente.

En un principio los gerentes de manufactura e ingenieros invirtieron una gran cantidad de tiempo evaluando los beneficios de los PLC y el uso de estos dispositivos se extendió debido a seis razones importantes:

1. Confiabilidad. No se requiere de una gran cantidad de cables para dispositivos de control interconectados, únicamente conectar entradas y salidas.

2. Flexibilidad. Las modificaciones de funcionamiento pueden hacerse únicamente modificando los programas.

3. Funciones avanzadas. Los PLC pueden realizar funciones especializadas en diferentes áreas industriales.

4. Velocidad. Los PLC están basados en microprocesadores que operan en milésimas de segundo.

5. Diagnósticos. Los usuarios muy fácilmente pueden localizar y diagnosticar problemas.

6. Comunicación. La mayoría de los PLC permiten la comunicación directa con una computadora con fines de control y operación.

Aunque las aplicaciones tradicionales de los PLC han sido en el ámbito industrial, debido a la característica de tener funciones avanzadas rápidamente ganaron terreno en otras aplicaciones. En la actualidad encontramos una gran cantidad de dispositivos basados en PLC para funciones de control en las áreas de Medicina, Automatización de casas, Vehículos etc.

Los fabricantes de grupos electrógenos también han desarrollado módulos de control especializados que permiten aprovechar todas las ventajas del PLC para el control y monitoreo de fuentes redundantes de energía.

Las características generales de los módulos de control utilizados en grupos electrógenos son las siguientes:

- Son dispositivos de estado sólido, basados en microprocesadores.
- Requieren una alimentación de corriente directa, normalmente se alimentan con 12 ó 24 voltios, con la misma fuente de corriente directa del motor diesel.
- Poseen entradas que pueden ser digitales o analógicas.
- Poseen salidas que pueden ser analógicas o digitales.
- Necesitan de un software para programarle las instrucciones que deben recibir para poder ejercer alguna acción sobre el sistema.
- Tienen un sistema visual de comunicación con el usuario que puede ser una pantalla de cristal líquido o luces indicadores de estado.

Los módulos más utilizados en la actualidad y a los que se hace referencia en este documento son los siguientes:

- Modulo de control marca Murphy.
- Módulos de control marca Deep Sea Electronics.
- Módulos de control marca Tecnoelettra.

3.2. Parámetros de control comunes entre cada módulo.

Cada fabricante de módulos de control ha desarrollado diferentes características de operación. Hay módulos especializados para algunas marcas de generadores y motores diesel, pero la mayoría tiene características comunes que responden a las necesidades comunes de operación, monitoreo y control de cada grupo electrógeno.

Los parámetros de control más comunes entre cada módulo son las siguientes:

3.2.1. Voltaje de operación

Los módulos se alimentan de corriente directa (DC) entre 8 y 35 voltios, generalmente no de requiere configuración de voltaje de alimentación ya automáticamente detecta si es 12 ó 24 voltios DC.

3.2.2. Entradas digitales

Los módulos de control poseen varias entradas digitales para configuración de alarmas provenientes de:

- **Interruptores de paro de emergencia**. Se utilizan para apagar completamente el sistema en caso de una falla que ponga en riesgo la seguridad del personal o del equipo. Pueden ser interruptores normalmente abiertos o normalmente cerrados, en la mayoría de módulos de control pueden ser configurables desde el programa.
- **Sensores digitales de alta temperatura en el block de los cilindros.** Detectan una elevación de la temperatura en el block del motor. Envían

una señal al módulo de control para paro del motor Diesel por elevación de la temperatura. La temperatura del block puede variar de acuerdo al tipo de motor, y oscila entre 90 y 115 grados centígrados. Hay sensores de alarma, de pre-alarma y de paro.

- **Sensores digitales de alta temperatura de refrigerante**. Generalmente están instalados en el radiador del motor y envían una señal de paro al modulo de control para evitar que el motor trabaje a una temperatura arriba de un nivel permitido. Hay sensores de alarma, de pre-alarma y de paro.

- **Sensores digitales de baja presión de aceite***.* Cuando la presión de aceite cae debajo de un nivel permitido envían una señal al módulo de control. Hay sensores de alarma, de pre-alarma y de paro.

- **Sensores digitales de falla de fajas**. Son sensores instalados a los lados del recorrido de las fajas de la bomba de agua o de los ventiladores y envían una señal al módulo de control para que ocurra un paro inmediato por rotura de una faja.

- **Sensores digitales de bajo nivel de combustible**. Generalmente se instalan en el tanque de combustible y envían una señal al módulo de control para avisar el bajo nivel de combustible. Puede ser únicamente para alarma o para ocasionar un paro inmediato y evitar que entre aire al sistema de inyección del motor.

- **Sensores digitales de bajo nivel de refrigerante.** Cuando el nivel de refrigerante baja por cualquier causa en un radiador es conveniente tener un sensor que envíe una señal al módulo de control y que este ocasione un paro inmediato del motor.

- **Sensores digitales seccionados por el usuario a su propia conveniencia**. Los módulos de control pueden disponer de una o varias entradas que pueden ser utilizadas de manera libre, desde una señal que avise que hay una protección disparada, un sistema de precalentamiento activo, una alarma audible en operación y cualquier otra señal que permita al módulo de control realizar una acción correspondiente.

- **Sensor de corte de red comercial.** Es una entrada proveniente de una transferencia o un dispositivo adicional para monitorear el estado de la red comercial.

3.2.3. Entradas analógicas:

Las entradas analógicas más comunes utilizadas son:

- **Medición de temperatura en el block de los cilindros**. Son entradas que permiten la conexión de sensores que pueden monitorear y mediar la temperatura del motor directamente en el block.

- **Medición de presión de aceite**. Son entradas específicas para la medición y monitoreo de la presión interna del aceite del motor.

- **Medición de nivel de combustible en el tanque alimentador**. Hay módulos de control equipados con entradas digitales que permiten medir el nivel de combustible del tanque de alimentación, utilizando un flotador resistivo en el interior del tanque.

- **Medición de carga en el alternador del motor diesel.** Es una entrada que permite al módulo de control monitorear que el alternador del motor Diesel se encuentre operando adecuadamente para mantener cargada la batería del motor.

- **Monitoreo y medición de voltaje y frecuencia de generación**. Cuando el motor Diesel esta en operación, el generador estará aportando voltaje a la carga. Una muestra de este voltaje se envía al módulo de control para su monitoreo y evitar que salga de los límites permisibles para carga.

- **Monitoreo y medición de corriente de carga**. Cuando el motor Diesel esta en operación, el generador estará aportando corriente a la carga. Una muestra de esta corriente se envía al módulo de control para su monitoreo y evitar que se pueda sobrecargar el generador.

- **Monitoreo y medición de voltaje de la red comercial**. Algunos módulos de control vienen equipados con la función de monitoreo de la red comercial. De acuerdo a los parámetros configurados pueden ejercer funciones de conmutar la carga entre la red comercial o el generador de emergencia.

3.2.4. Salidas

Las salidas más importantes en los módulos de control son las siguientes:

- **Salida para bomba de inyección*:*** Generalmente es una salida con voltaje DC de 12 ó 24 voltios para alimentar la bomba de inyección, permanece activa mientras el motor está en operación.

- **Salida para el motor de arranque*:*** Es la alimentación de un pequeño motor eléctrico para el arranque del motor Diesel. Puede ser de 12 ó 24 voltios DC. Éste únicamente funciona en el período de arranque y una vez alcanzado el 60% de la velocidad nominal se desconecta automáticamente.

- **Salidas programables**: Son salidas de uso general que pueden ser contactos secos de relés o salidas de 12 voltios DC que pueden ser configuradas por el usuario de diferentes formas.

3.3. Sensores utilizados en módulos de control:

Para que un módulo de control pueda ejercer la tarea para la cual fue diseñado, es indispensable que tenga un interfaz de comunicación con los diferentes parámetros con los que ha de interactuar. Por ejemplo, al monitorear la temperatura, necesita un sensor que pueda servir de interfaz entre el equipo que se encuentra a una temperatura determinada y una entrada al módulo que le indique a que temperatura se encuentra. Los principales módulos de control que se utilizan en motogeneradores de emergencia son los siguientes:

- Sensores digitales
- Sensores analógicos

3.3.1. Sensores digitales

Los sensores digitales se utilizan en las entradas digitales de los módulos de control. Los sensores digitales únicamente pueden tener dos estados: Abierto o cerrado. Los sensores digitales son utilizados ampliamente para detectar el estado activo de un parámetro que nos interesa. Los más comúnmente usados son los siguientes:

Sensor digital de temperatura: Pueden estar instalados en el block de los cilindros, en el radiador o en el block del motor. Vienen calibrados de tal forma que a determinada temperatura abran o cierren un contacto. Estos cambian de

estado (Abierto o cerrado) a una temperatura específica. La temperatura depende del tipo de generador y la aplicación. Los que van en el block de cilindros ó en la culata del motor oscilan entre 100 y 120 ^{o}C, mientras que los que van en el radiador trabajan a menos de 100 ^{o}C. Hay de los dos tipos, normalmente abiertos y normalmente cerrados. Generalmente en los módulos de control es posible configurar el estado activo del sensor, abierto ó cerrado.

Sensor digital de baja presión de aceite: Estos sensores también tienen únicamente dos estados: abierto o cerrado. Ya fueron calibrados por los fabricantes para que al descender la presión del aceite del motor debajo de una presión determinada, el contacto se abra o se cierre, dependiendo el tipo. Normalmente actúan debajo de los 15 PSI. También pueden ser configurados en el módulo de control.

Sensor digital de nivel de combustible: La mayoría de los sensores de bajo o alto nivel de combustible son digitales. Estos actúan cuando el nivel de combustible esta fuera de los límites diseñados en el tanque de combustible. Son utilizados para evitar el rebalse, para evitar que se quede sin combustible o para avisar al módulo de control el nivel de combustible y que este realice determinada acción.

Otros sensores digitales: También pueden definirse como sensores digitales otro tipo de señalización que tienen los grupos electrógenos, y que utilizan un microswitch para mostrar el estado de otros parámetros. Por ejemplo, se puede utilizar un sensor de este tipo para dar aviso de una faja rota, para avisar de una compuerta abierta, para avisar el nivel de refrigerante en el radiador, para mostrar el estado de un interruptor termomagnético, etc.

3.3.2. Sensores analógicos

Los sensores analógicos se utilizan en las entradas analógicas de los módulos de control y son resistivos. Internamente tienen una resistencia que varía su valor en función de la variación del parámetro que registra. Los más importantes en la protección de un motor Diesel son el sensor de presión de aceite y el sensor de temperatura. En la tabla I se muestran los valores de calibración de algunos sensores utilizados comercialmente.[3]

Obsérvese que para cada tipo de sensor de presión de aceite es posible trazar una curva presión-resistencia y de la misma forma para los sensores de temperatura se puede trazar la gráfica temperatura-resistencia. Estas son las curvas características para cada sensor y es la zona en la cual actúa el sensor. En algunos módulos de control es posible configurar la curva característica para tener un ajuste exacto de la medición realizada. Los módulos de control que no permiten la configuración de la curva característica deben ajustarse a la curva que en mejor forma se aproxime al comportamiento real del sensor, de acuerdo a la tabla I.

[3] Installation and Programming Murphy AS731, mi6129, Pág. 7 a 10. Revisión G abril 2004.

Tabla I. **Valores de calibración de sensores resistivos.**

TIPOS DE SENSORES RESISTIVOS DE PRESIÓN DE ACEITE											
Presión (PSI)	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**
Sensor											
Murphy	240	205	171	143	123	103	88	74	60	47	33
Datcon	240	200	165	135	115	95	78	63	48	35	25
VDO 5 Bar	10.0	38.4	65.0	88.8	110.3	134.4	154.8	169.6	206.2	230.2	254.2
VDO 7 Bar	0	17	37	53	69	83	95	107	118	130	140

TIPOS DE SENSORES RESISTIVOS DE TEMPERATURA											
Temp (^oC)	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**	**110**	**120**	**130**	**140**
Temp (^oF)	**104**	**122**	**140**	**158**	**176**	**194**	**212**	**230**	**248**	**266**	**284**
Sensor											
Murphy	1029	680	460	321	227	164	120	89	74	52	40
Datcon	900	600	400	278	200	141	104	74	50	27	4
VDO	282.4	190.0	134.0	95.2	69.1	51.2	38.5	29.4	22.7	18.0	14.5
BMI	91	68	51	38	29	21	15	12	10	7	5.5

3.4. Parámetros configurables en los módulos de control

La configuración de parámetros en los módulos de control se puede realizar de varias formas. La más común es directamente en la pantalla con teclas frontales de acceso a un modo de programación. También se puede utilizar un software propio de cada fabricante para configuración directamente con una computadora y una interfase con el módulo de control. Los parámetros configurables son el voltaje de operación, las entradas, las salidas, tipos de sensores y en general todos los dispositivos que conforman el sistema. Los podemos agrupar en temporizadores, niveles de voltaje y otros parámetros.

3.4.1. Temporizadores:

- **Retraso de arranque (Start delay**): Este temporizador establece un retraso de tiempo entre el envío de la señal de arranque remoto y el primer intento de arranque.
- **Precalentamiento (Preheat):** Si alguna de las salidas programables ha sido programada como una función de precalentamiento, se activará por este período de tiempo antes de cada intento de arranque.
- **Maniobra de arranque (Crank)**: Es la duración máxima para cada maniobra de arranque del motor, durante este tiempo se activará el motor de arranque tratando de arrancar el motor Diesel.
- **Enfriamiento entre cada maniobra de arranque (Crank cool***)*: Es el tiempo que permite que las baterías y el motor de arranque se recuperen después de intentar un nuevo arranque.
- **Número de Intentos de arranque (Start attempts)**: Es el máximo número de intentos de arranque, antes que el módulo de control presente la señal de falla de arranque.
- **Temporizador para ignorar las fallas (Override):** Inmediatamente después del arranque, este tiempo es usado para ignorar las fallas que originan un paro durante el tiempo transitorio en el que se estabiliza la velocidad del motor.
- **Tiempo de enfriamiento (Engine cooling):** Este temporizador permite al motor operar en vacío antes de apagarse.

3.4.2. Valores de voltaje:

- **Voltaje de red comercial:** Permite configurar los límites dentro del los cuales el voltaje de la red comercial se considera adecuado para la carga.
- **Voltaje del generador:** Permite configurar los límites dentro de los cuales el voltaje del generador se considera adecuado para la carga.
- **Voltaje de batería:** Permite configurar los límites dentro de los cuales el voltaje de la batería del motogenerador se encuentra aceptable.

3.4.3. Otros parámetros:

- **Sensor magnético:** Permite la utilización de un sensor magnético para la medición de frecuencia del generador.
- **Sensores*:*** Permite seleccionar entre diferentes tipos de sensores de presión de aceite, temperatura, posición, etc.

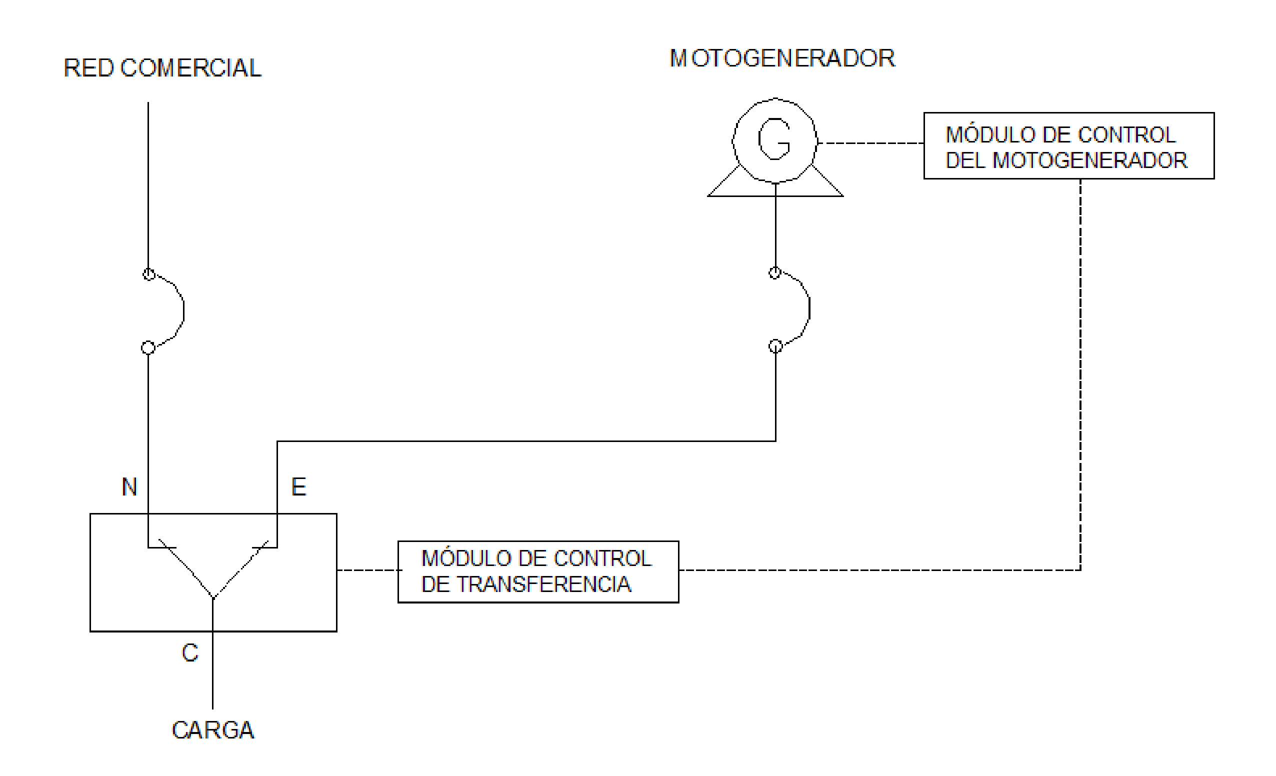
3.5. Circuitos comunes utilizados en grupos electrógenos:

3.5.1. Arreglo con módulos de control independientes:

El esquema de la figura 16 representa uno de los arreglos para grupos electrógenos con módulos de control independientes. Tanto el grupo electrógeno como el interruptor de transferencia automático tienen control independiente. El único punto de unión entre ambos es el borne 12 de la figura 17. El control independiente del interruptor de transferencia automática monitorea todos los parámetros de la red comercial y envía una señal al

módulo de control del motogenerador, para arrancarlo y apagarlo de acuerdo los parámetros configurados.

Figura 16. **Grupo electrógeno con módulos de control independientes.**



El circuito de la figura 18 es el esquema de conexiones del módulo de control Deep Sea Electronics 703. [4]Es uno de los módulos de control más sencillos que se pueden instalar para el control y monitoreo de un grupo electrógeno. Se muestra en la figura 17.

[4] Deep Sea Electronics PLC Highfield House, Hunmanby Industrial Estate, North Yorkshire, YO14 0PH, England Manual 703 Instr.pdf 2006

Figura 17. **Módulo de control Deep Sea Electronics 703.**



Este módulo de control requiere que el interruptor de transferencia automática tenga control independiente. Las conexiones que se realizan son las siguientes:

<u>Entradas:</u>

1: Negativo proveniente de la batería de alimentación.

2: Positivo 12 VDC proveniente de la batería de alimentación.

7: Señal proveniente del alternador del motor.

8: Señal digital de baja presión de aceite del motor.

9: Señal digital de alta temperatura del motor.

10 y 11: Entradas auxiliares de uso general.

12: Señal proveniente del control del interruptor de transferencia automático.

21 y 22: Señales para monitorear el voltaje de salida del generador.

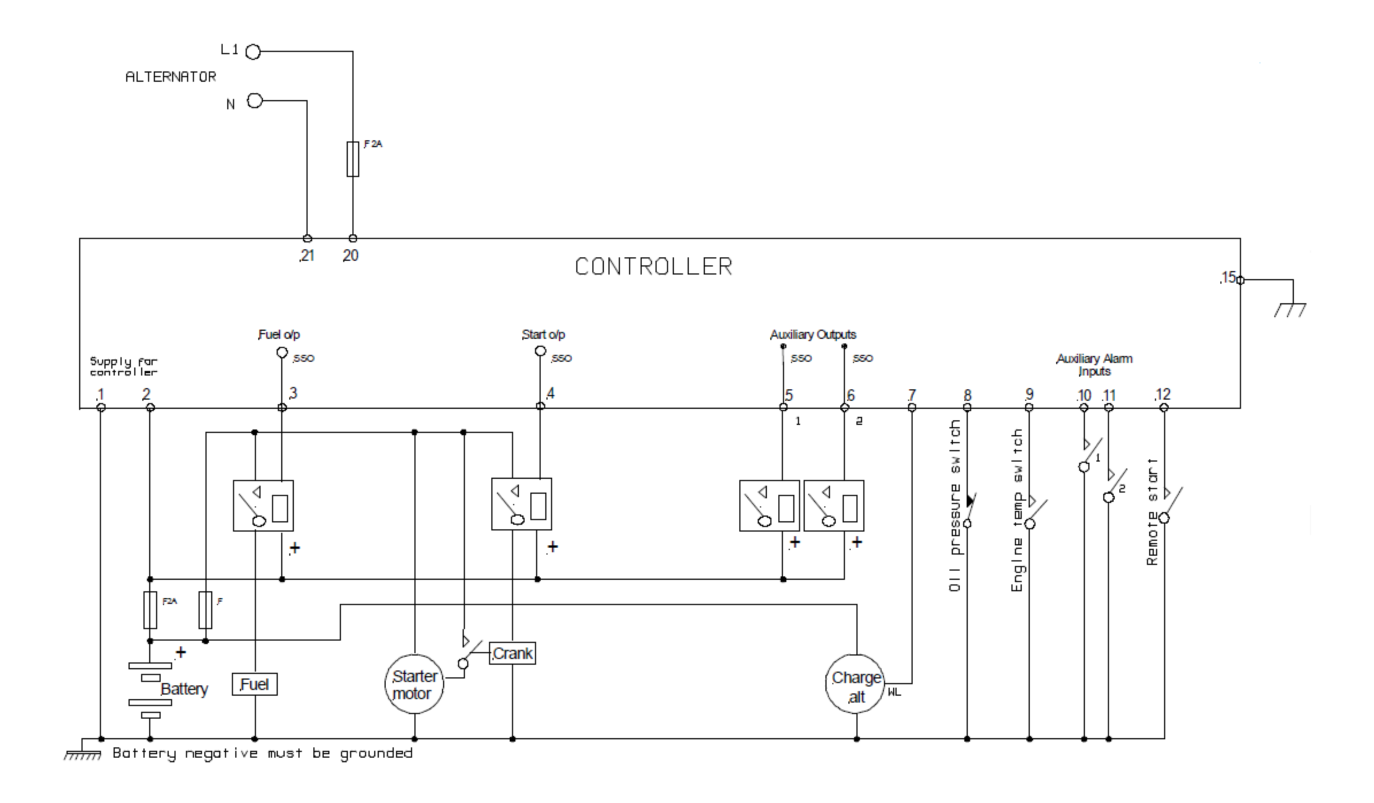
Salidas:

3: Salida de alimentación para el accionamiento de la bomba de inyección del motor.

4: Salida de alimentación para el accionamiento del motor de arranque.

5 y 6: Salidas auxiliares de uso general.

Figura 18. **Módulo de control Deep Sea Electronics 703.**

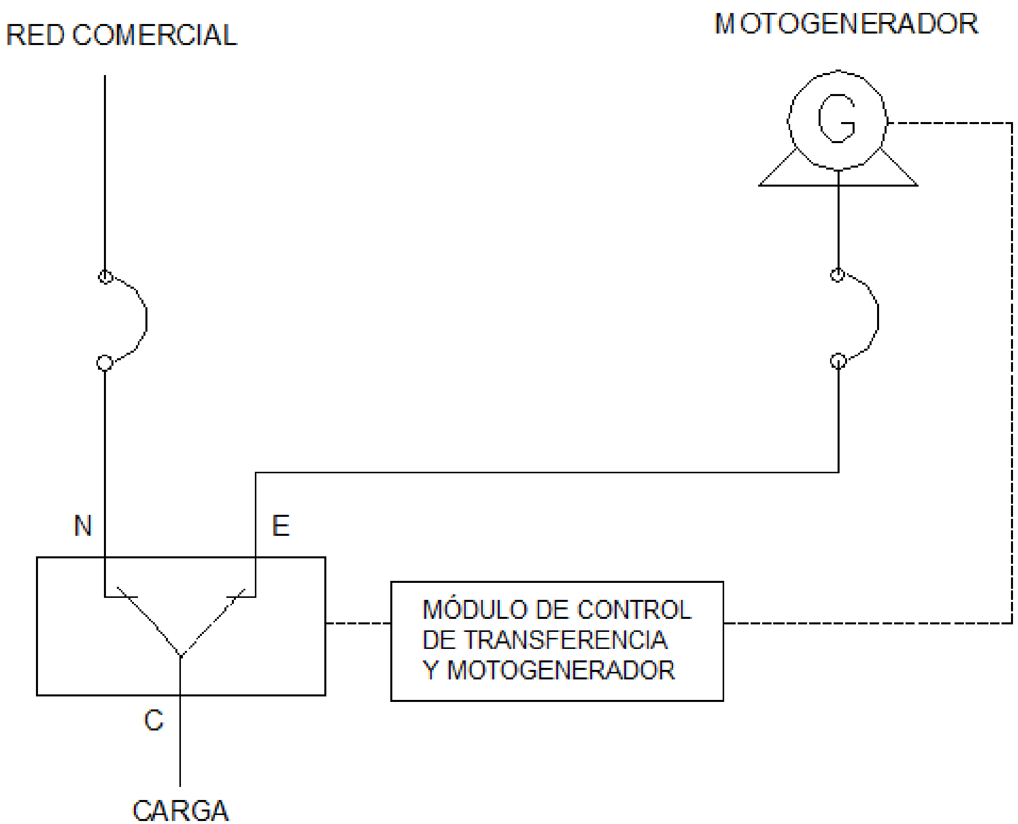


3.5.2. Arreglos con un módulo de control común:

La figura 19 representa un arreglo en el que solamente se tiene un módulo de control que monitorea el grupo electrógeno completo. Para poder realizar este

arreglo es necesario tener módulos de control que puedan interactuar con el motogenerador y el interruptor de transferencia. Este último generalmente no está provisto de un control independiente e interactúa con el módulo de control. En estos circuitos el módulo de control realiza todas las maniobras de transferencia y retransferencia y monitorea la red comercial y el motogenerador.

Figura 19: **Grupo electrógeno con un sólo módulo de control.**



Para llevar a cabo este tipo de controles se utilizan módulos de control más avanzados, provistos de monitoreo de red comercial, motogenerador y transferencia automática. Son ejemplo de estos módulos:

- Murphy AS731
- Deep sea Electronics 720
- Tecnoelettra TE-804

En las figuras 20, 21 y 22 se muestran estos tres módulos de control y en las figuras 23, 24 y 25 están sus respectivos diagramas de conexiones.

Figura 20. **Módulo de control Murphy AS731.**



Figura 21. **Módulo de control Deep Sea Electronics 720.**

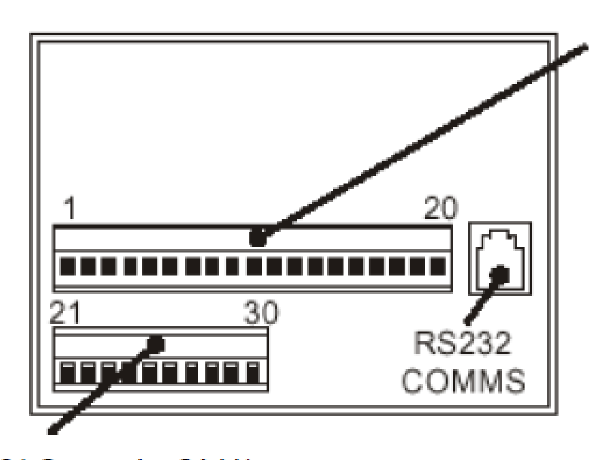


Figura 22. **Módulo de control Tecnoelettra TE-804.**



Figura 23. **Conexiones del Murphy AS731[5].**

Vista Posterior y Conexiones

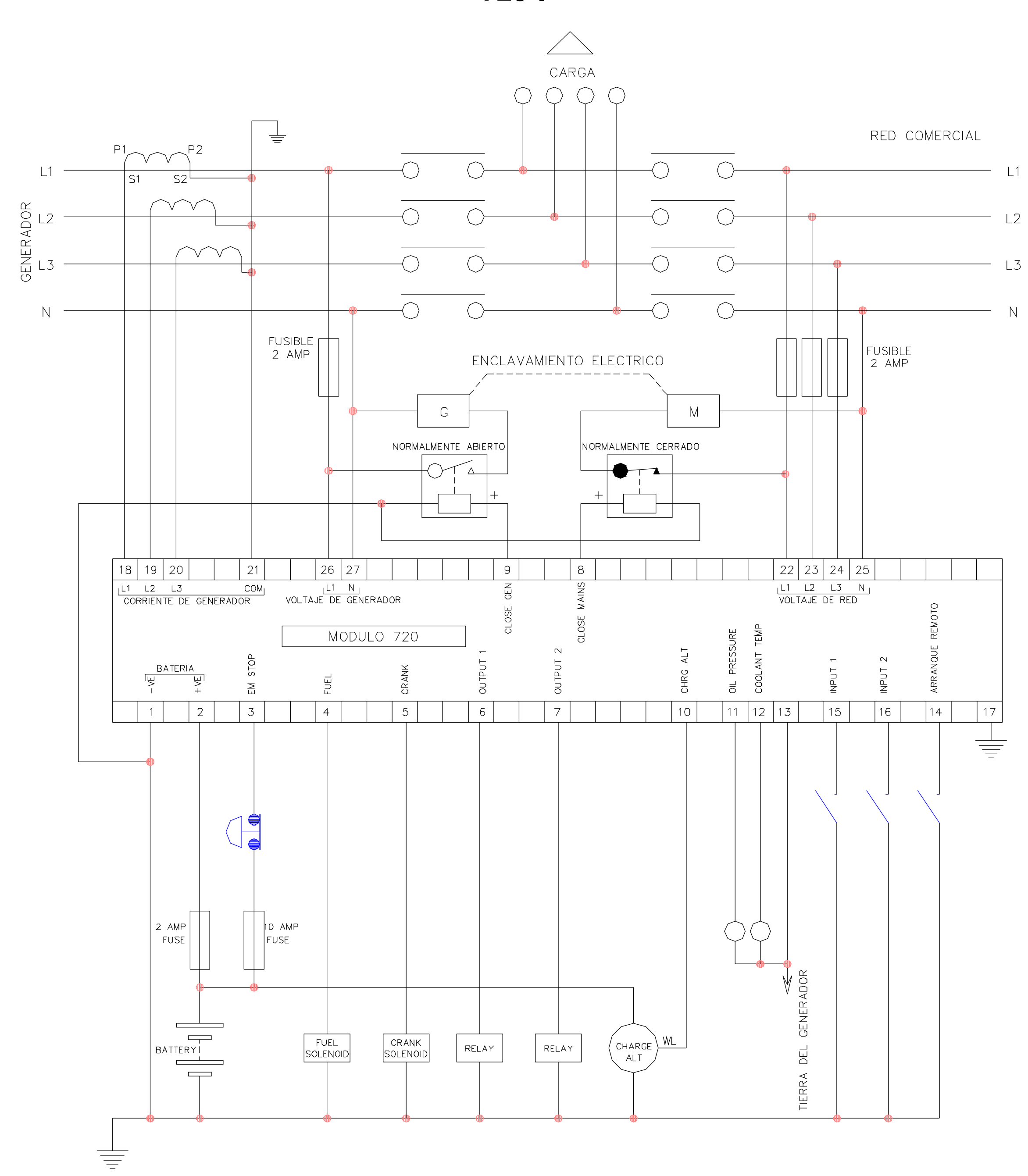


1 Suministro (-) batería
2 Falla de Carga WL
3 Suministro (+) batería
4 Paro de Emerg. CD (+)
5 Salida de Comb. CD (+)
6 Salida Marcha CD (+)
7 1a Salida (contacto seco)
8 1b Salida (contacto seco)
9 Salida 2 CD (-)
10 Salida 3 CD (-)
11 Salida 4 nc/no CD (-)
12 Entrada 1: Presión
13 Entada 2: Temperatura
14 Entrada 1 y 2: Retorno
15 Entrada 3: nc/no CD (-)
16 Entrada 4: nc/no CD (-)
17 Entrada 5: nc/no CD (-)
18 Arranque Rem. DC (+)
19 Sensor Magnético +
20 Sensor Magnético -

21 Generador CA V1
22 Generador CA V2
23 Generador CA V3
24 Generador CA N
25 Corriente del Gen (5A TC) I1+
26 Corriente del Gen (5A TC) I1-
27 Corriente del Gen (5A TC) I2+
28 Corriente del Gen (5A TC) I2-
29 Corriente del Gen (5A TC) I3+
30 Corriente del Gen (5A TC) I3-

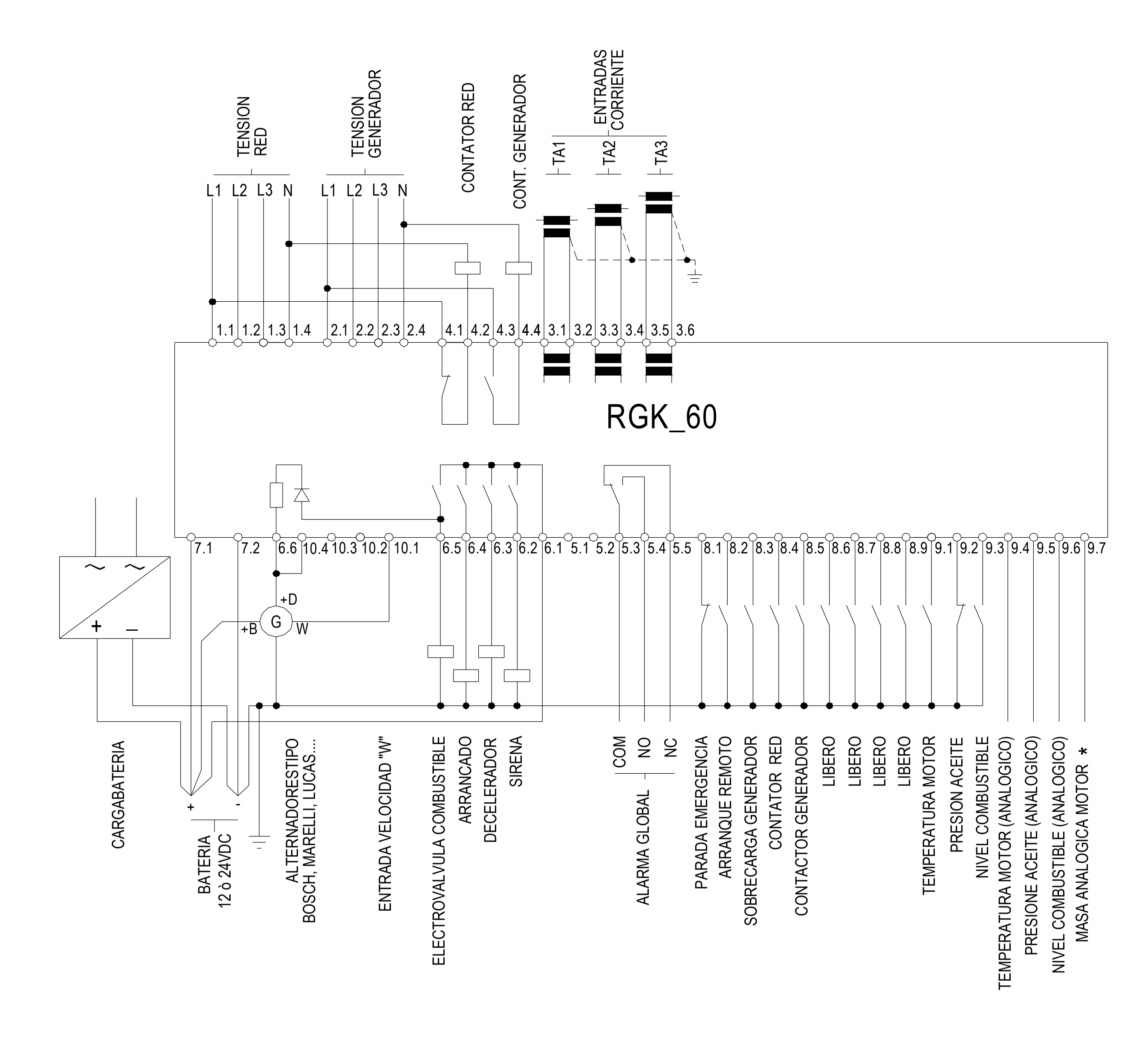
[5] Manual Murphy ms6127 15 junio del 2001 sección 75 del Catálogo General

Figura 24. **Diagrama de conexiones del módulo Deep Sea Electronics 720[6].**



6 Manual Deep Sea Electronics PLC, Diagrama No. 035-047 julio 2005.

Figura 25. **Diagrama de conexiones del módulo Tecnoelettra TE-804**[7]**.**



7 Manual Operativo Tecnoelettra 255-TE804-ES-2,2 junio 2003.

4. ANÁLISIS DE CASOS PRÁCTICOS DESARROLLADOS

Siendo uno de los principales objetivos de este trabajo la comprensión del funcionamiento de los módulos de control y cada uno de sus dispositivos interconectados, se han desarrollado varios casos prácticos, los cuales se exponen a continuación.

4.1. El grupo electrógeno enfriado por aire

Antecedentes:

Uno de los grupos electrógenos mas utilizados es enfriado por aire. El caso más común es el grupo electrógeno marca Armstrong. Inicialmente este grupo electrógeno venía de la fábrica equipado con un módulo de control Murphy AS730S. Con el paso de los años y el desarrollo de la tecnología este modelo fue discontinuado por el fabricante y muchos de los grupos electrógenos quedaron fuera de operación por falta de repuestos, cuando se dañaba el módulo de control. En las figura 26 y 27 se muestra un grupo electrógeno equipado con un Murphy AS730S.

Sustitución del módulo AS730S por el módulo AS731

En la primera fase del proyecto se decidió sustituir el Murphy AS730S por un Murphy AS731, sin embargo no eran 100 % compatibles, ya que los bornes de conexión eran diferentes, por lo cual se siguieron las siguientes etapas para la sustitución:

1- Revisión de conexiones del módulo de control AS730S para conocer los dispositivos interconectados, las entradas y las salidas.

2- Análisis de conexiones del módulo de control AS731 y su equivalencia con el modelo anterior.

3- Retirar el modelo AS730S del grupo electrógeno e instalación del nuevo modelo. Esto se muestra en las figuras 28.

4- Conectar uno a uno todos los bornes, entradas y salidas del módulo de control AS731.

5- Realizar la programación de módulo de control Murphy AS731. En el Anexo 1 se encuentra la lista completa de la programación realizada.

6- Realizar las pruebas correspondientes para verificación de funcionamiento de todos los parámetros configurados en el equipo, las protecciones del generador y las protecciones del motor Diesel.

7- Habiendo tenido éxito en las pruebas se procedió a implementar el proyecto en todos los grupos electrógenos que presentaran fallas ó que estuvieran fuera de operación.

Figura 26. **Grupo electrógeno con módulo de control Murphy AS730S.**



Figura 27. **Vista del módulo de control Murphy AS730S.**



Figura 28. **Grupo electrógeno con módulo de control Murphy AS731.**



Sustitución del módulo AS731 por el módulo Deep Sea Electronics 720

Debido a razones comerciales, el Murphy AS731 fue siendo discontinuado progresivamente, por lo cual su precio comenzó a elevarse. En este momento de tomo la decisión de implementar el módulo de control Deep Sea Electronics 720. Este equipo es muy comercial y el fabricante aún lo mantiene en producción. Los puntos analizados para este cambio fueron los siguientes:

1- Revisión de conexiones del Módulo de control AS731 para conocer los dispositivos interconectados, las entradas y las salidas.
2- Análisis de conexiones del módulo de control Deep Sea Electronics 720 y su equivalencia con el modelo anterior.
3- Retirar el modelo AS731 del grupo electrógeno e instalación del nuevo modelo.
4- Conectar uno a uno todos los bornes, entradas y salidas del módulo de control Deep Sea Electronics 720. Ya instalado se muestra en la figura 29.
5- Realizar la programación de los parámetros en el módulo de control Deep Sea Electronics 720. En el Anexo 2 está la lista completa de los parámetros configurados.
6- Realizar las pruebas correspondientes para verificación de funcionamiento de todos los parámetros configurados en el equipo, las protecciones del generador y las protecciones del motor diesel.
7- Habiendo tenido éxito en las pruebas se procedió a implementar el proyecto en todos los grupos electrógenos que presentaran fallas o que estuvieran fuera de operación.

Figura 29. **Grupo electrógeno con módulo de control Deep Sea Electronics 720.**



4.2. El grupo electrógeno enfriado por agua

Antecedentes:

Otro de los casos analizados es el grupo electrógeno enfriado por agua. El caso más común es el grupo electrógeno marca Selmec. Inicialmente este grupo electrógeno venia de la fabrica equipado con un módulo de control Tecnoelettra TE-804. Debido a las dificultades en la importación, los tiempos de entrega y los precios altos de estos equipos se desarrolló la idea de sustituir este controlador por el nuevo controlador Deep Sea Electronics 720. En la figura 30 se muestra el arreglo original.

Sustitución del módulo Tecnoelettra TE-804 por el módulo Deep Sea Electronics 720

En la primera fase del proyecto se decidió sustituir el Tecnoelettra TE-804 por un módulo Deep Sea Electronics 720, sin embargo no eran 100 % compatibles, ya que los bornes de conexión eran diferentes, por lo cual se siguieron las siguientes etapas para la sustitución:

1- Revisión de conexiones del módulo de control Deep Sea Electronics 720 para conocer los dispositivos interconectados, las entradas y las salidas.
2- Análisis de conexiones del módulo de control Deep Sea Electronics 720 y su equivalencia con el modelo anterior.
3- Retirar el modelo Tecnoelettra TE-804 del grupo electrógeno e instalación del nuevo modelo. Esto se muestra en la figura 31.
4- Conectar uno a uno todos los bornes, entradas y salidas del módulo de control Deep Sea Electronics 720.
5- Realizar las pruebas correspondientes para verificación de funcionamiento de todos los parámetros configurados en el equipo, las protecciones del generador y las protecciones del motor diesel.
6- Habiendo tenido éxito en las pruebas se procedió a implementar el proyecto en todos los grupos electrógenos que presentaran fallas ó que estuvieran fuera de operación.

Figura 30: **Tablero de grupo electrógeno con módulo de control Tecnoelettra TE-804.**



Figura 31. **Tablero de grupo electrógeno con módulo de control Deep Sea Electronics 720**



4.3. El grupo electrógeno dual

En la figura 28 se muestra un arreglo de dos grupos electrógenos para una estación repetidora. Dado que son estaciones de mucha importancia, ya que de ellas dependen hasta 70 sitios más, se respaldan eléctricamente utilizando grupos electrógenos duales. Como se explicó en el capítulo 1, normalmente se mantiene seleccionado cualquiera de los dos grupos electrógenos como el principal y el segundo se selecciona como auxiliar. Esta selección puede invertirse. Cuando hay una falla en la red eléctrica, el principal arranca y restablece la alimentación a las cargas. En caso que falle, un segundo grupo electrógeno arranca y toma el soporte de las cargas. Todo esto es automático y no requiere intervención de personal en el sitio.

Antecedentes:

El grupo electrógeno de la figura 28 está conformado por motor y generador con una tecnología de hace más de 20 años. Aunque el grupo electrógeno se encuentra en muy buenas condiciones, el sistema de transferencias duales que se muestra en la figura 32, tuvo una vida máxima de 10 años y sus componentes electrónicos fueron rápidamente discontinuados. Con ello el grupo electrógeno completo quedo fuera de servicio afectando seriamente las operaciones de la estación repetidora.

La decisión importante que se tomó fue la de diseñar transferencias duales con el uso de módulos de control como los analizados en el capítulo 3.

Las transferencias duales se diseñaron a partir de transferencias sencillas desprovistas de módulo de control. De esta forma se integraron dos módulos de control para el monitoreo de ambos grupos electrógenos y de ambas transferencias.

Figura 32. **Grupo electrógeno dual.**



Figura 33: **Antiguo sistema de transferencias duales.**



Dos sistemas de control fueron puestos a prueba, implementados y satisfactoriamente puestos en operación. El primero fue un sistema dual con la utilización de dos módulos de control marca Murphy AS731, como el que se muestra en la figura 34. Una vez desarrollado este sistema se implementó

también el sistema de transferencias duales con la utilización de módulos de control Deep Sea Electronics 720, el cual se muestra en la figura 35.

Figura 34. **Transferencia dual utilizando módulos de control Murphy AS731.**

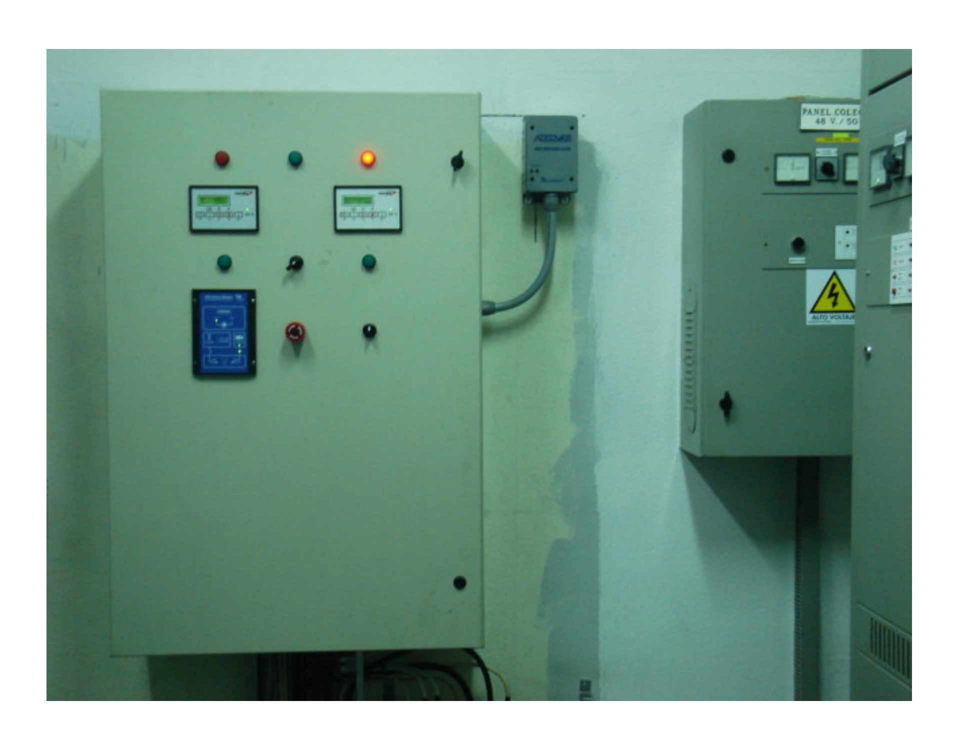


Figura 35: **Transferencia dual utilizando módulos de control Deep Sea Electronics 720.**



CONCLUSIONES

1- Los costos, los tiempos de importación, la desactualización tecnológica y las aplicaciones cada vez más importantes fueron la presión que llevó a que hiciera un análisis y comparación entre diferentes módulos de control. Cuando se tiene un grupo electrógeno sin módulo de control se pone en riesgo la operación de estaciones de comunicaciones. Después de un profundo análisis, decenas de pruebas de campo y de laboratorio se pudo establecer con claridad la correspondencia eléctrica entre cada módulo de control sin importar la marca y se han venido reemplazando los equipos con tecnología antigua por módulos de control con tecnología reciente, más barata y de fácil adquisición.

2- Todos los grupos electrógenos para aplicaciones de emergencia como los descritos en estos capítulos tienen los mismos controles eléctricos básicos. Algunos tienen más protecciones que otros pero cualquiera que sea la marca puede ser analizado eléctricamente y utilizar cualquier tipo de módulo de control. Lo importante en el análisis es estar seguro de proteger el motor diesel y el generador tanto como sus propias protecciones lo permitan.

3- Las marcas seleccionadas para análisis e implementación en estos capítulos responden a los criterios buscados al inicio de este trabajo de investigación: Precio accesible, facilidad de adquisición, facilidad de configuración y actualizado tecnológicamente. Sin embargo, hay muchas marcas de módulos de control en el mercado que tienen similares prestaciones, será decisión de cada ingeniero su utilización. En lo que podemos concluir es que el estudio previo a la implementación de un nuevo módulo de control será factor clave de éxito.

RECOMENDACIONES

1- Cuando se esté frente a un proyecto de implementación de un nuevo módulo de control, lo mejor es tomarse el tiempo que sea necesario para comprender su funcionamiento, analizar su diagrama y entender su proceso de configuración, ya que de esta forma se va a implementar sin riesgos de dañar partes del grupo electrógeno o el mismo módulo de control. La correcta planificación del proyecto nos puede ahorrar tiempo, trabajo innecesario y dinero.

2- Seguramente con el desarrollo tecnológico se van a ir encontrando en el mercado módulos de control más avanzados que tengan más funciones y a precios más bajos. Sin embargo los fundamentos de su funcionamiento e interacción con los grupos electrógenos no van a cambiar mucho. Se va seguir teniendo las mismas protecciones, parámetros de configuración y dispositivos periféricos, por lo cual al entender los fundamentos básicos planteados en este trabajo, cualquier ingeniero o técnico podrá sustituir módulos de control con suma facilidad.

3- Aunque los objetivos planteados en este trabajo no contemplaban un profundo análisis del funcionamiento de los motores diesel y los generadores de corriente alterna se ha hecho un análisis básico de su funcionamiento. Para cualquier ingeniero o técnico que trabaja en grupos electrógenos, es indispensable tomar cursos especializados de motores diesel y generadores de corriente alterna, ya que de esta forma tendrá un panorama más completo de las fallas que pueda enfrentar.

BIBLIOGRAFÍA

1. Severns**,** W.H; Degler, H.E; Miles, J.C. **La producción de energía mediante vapor, aire o gas.** Editorial Reverté, S.A. México 1976.

2. Gingrich, Harold W. **Maquinas eléctricas, transformadores y controles.** Editorial Prentice Hall, México 1985.

3. Gourishankar, Vembu. **Conversión de energía electromecánica.** Editorial Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A. México 1975.

4. **Manual técnico Murphy AS731**. Documento No. MS6127 sección 75 Catálogo General, www.fwmurphy.co.uk 12 de julio de 2009.

5. **Manual técnico Murphy AS731**. Documento No. MS6129 SP sección 75 Catálogo General, www.fwmurphy.co.uk 19 de agosto 2009.

6. **Manual técnico Murphy AS731**. Documento No. MS5262 sección 75 Catálogo General, www.fwmurphy.co.uk 22 de agosto de 2009.

7. **Manual técnico Newage**. Documento No. TD-MX341.GB, www.newage-avkseg.com. 16 de agosto de 2009.

8. **Manual técnico Stamford**. Publicación No. UCH-027S25 edición 9/98.

9. **Manual técnico Stamford**. Publicación No. BCH-018S edición 3/97.

10. **Manual operativo “Control de grupos electrógenos”.** Módulo TE804 Tecnoelettra 255-TE804-ES-2,2 2003.

11. **Deep Sea Electronics DSE720 Operating Manual 057-001 720.** Operating Instructions Issue 3.1 2005.

Anexo 1. Configuración del módulo de control Murphy AS731

LISTA DE PARÁMETROS PROGRAMADOS EN EL MÓDULO MURPHY AS731		
Parámetro	**Valor**	**Descripción**
Start Delay	0:02	**(0-10 min)** En modo automático, este temporizador establece un retraso de tiempo entre el envío de la señal de arranque remoto (Activación de pin 18), y el primer intento de arranque.
Preheat	00 sec	**(0-59 sec)** Si alguna de las salidas programables (ver instrucciones abajo) ha sido programada como una de las cuatro funciones de precalentamiento, se activará por este período de tiempo antes de cada intento de arranque.
Crank	10 sec	**(03-59 sec)** Es la duración máxima para cada intento de arranque del motor.
Ckank Cool	10 sec	**(03-59 sec)** Es el tiempo que permite que las baterías y el motor de arranque se recuperen después de intentar un nuevo arranque.
Start Attempts	3	**(1-9)** Es el máximo número de intentos de arranque, antes que el módulo Autostart envíe la señal de falla de arranque (satart fail).
Override	15 sec	**(02-59 sec)** Inmediatamente después del arranque, este tiempo es usado para ignorar las fallas que paro (por ejemplo presión de aceite)
Speedsig	01 sec	**(01-59 seg)** Este temporizador evita que una falla de falta de señal de velocidad (no speed signal) aparezca inmediatamente después de arrancar la máquina, especialmente si es utilizado un generador de arranque suave (donde inicialmente no hay frecuencia o es muy baja).
Warmup	02 sec	**(00-59 sec)** Después que la máquina arranca en modo automático, este temporizador puede ser usado para producir un retraso en la operación de un contactor de salida (gen.contactor) por ejemplo para retrasar la carga en el generador.
Restore	0:03:00	**(0-1hr)** En modo automático, después que la red comercial regresa (limpiando la condición de arranque remoto) este temporizador proporciona un tiempo para que el módulo Autostart transfiera la carga del generador a la red comercial.
Eng.Cool	0:03:00	**(0-1 hr)** En modo automático, este temporizador permite al motor operar en vacío antes de apagarse y retornar al modo standby (en disponibilidad de arranque)
Energ 2stop	5 sec	**(05-59 sec)** Cualquier salida programada como "energised 2 stop" se activa tan pronto al motor se le da señal de paro y se desactiva al detenerse completamente el motor.
Rem Test	1 min	**(1- 240 min)** Un arranque de prueba en un MG puede ser iniciado desde una PC atravez de un enlace de comunicaciones. Después que el enlace de interrumpe, el módulo autostart continuará operando el Mg durante este tiempo.
Mains Fail	1 Sec	**(1-59 sec)** Versión 1.02 para arriba únicamente. Este temporizador puede ser usado para retardar la activación de la salida "contactor principal abierto". (ver "salidas programables" mas abajo, para mayores detalles).
Contactor	5 Sec	**(1-30 sec)** Versión 1.02 para arriba únicamente. Este temporizador solamente opera cuando ambas salidas "contactor principal" y "contactor de generador" están programadas. Este temporizador establece un mínimo de tiempo neutro entre la desactivación de un contactor y la activación del otro, como requerimiento de ciertas cargas, por ejemplo motores.

Hours Run	On	**(on, off)** Habilita o deshabilita el contador de horas en la pantalla del modulo autostart.
CF	Not used	Establece un aviso de falla de carga "charge fail" cuando se mide atravez del pin 2.
		Charge Alt: El aviso de falla de carga aparecerá únicamente si la máquina esta trabajando y el tiempo de ignorar la falla ha transcurrido. **Mains Charge:** El aviso de falla de carga aparecerá con la máquina trabajando ó en modo apagado, pero no aparecerá durante una secuencia de arranque.
Battery LO:	10V	**(10-30VDC)** El autostart da una alerta de "low battery volts" (bajo voltaje de batería) si la fuente de DC cae debajo de este voltaje.
Battery HI	32V	**(12-35 VDC)** El autostart da una alerta de "high battery volts" (voltaje de batería alto) si la fuente DC sube arriba de este voltaje.
Charge Start	---	**(---, 1-26 VDC)** Versión 1.02 para arriba únicamente. Si el voltaje DC de la batería cae debajo de este nivel (y el MG esta en modo automático), el módulo autostart intentará un "arranque de recarga" para arrancar y operar el generador para intentar recargar las baterías (ver también "charge time" abajo). La función "charge start" (arranque de recarga) no funciona en modo manual y puede ser deshabilitada usando --- ó un ajuste de 0 V.
Charge Time	30 min	**(1-60 min)** Versión 1.02 para arriba únicamente. Una vez que el arranque de recarga ha iniciado, el módulo AS731/32 mantendrá la máquina en operación por este tiempo, hasta retornar al modo en disponibilidad.
WL crank cut	YES	Este ajuste esta disponible únicamente si la función "Charge alt" fue seleccionado en los parámetros anteriores.
AC sence	YES	**(Yes or Not)** establece si se desea ó no, utilizar la señal AC (50/60 Hz) del generador para monitorear la velocidad del motor.
Gen phases	3	**(3, 2 or 1)** Permite al módulo autostart utilizarse con generadores de 3, 2 o 1 fase.
AC Display	L-N	**(L-N) o (L-L)** Establece que el módulo autostart despliegue en pantalla el voltaje de línea a neutro ó el voltaje de línea a línea para ambos casos, cuando funcione en forma normal ó cuando se estén programando los niveles de voltaje de disparo.
Gen UV trip	200 V	**(50-500 VAC)** "gen under volts" (bajo voltaje de generador) es indicado en la pantalla si alguna de las fases del generador cae debajo de este nivel. El módulo autostart responderá a esta falla de acuerdo a lo programado "engine shutdown" (apagado del MG) o "load release" (botar la carga). Ver más abajo.
Gen UV action	RELEASE	Establece la respuesta del MG a un bajo voltaje del generador: Release: El módulo autostart botará la carga e indicará en la pantalla "Gen.Under Volts" (Bajo voltaje de generador) y permitirá al MG seguir funcionado é intentará volver a conectar la carga si el voltaje sube de este nivel. Excepto cuando una entrada ha sido programada como "load reset" (restablecer la carga). Ver entradas programables en la siguiente sección.
Gen UV OK	210 V	(50-500 VAC) Ajusta el nivel de voltaje, arriba del cual el módulo autostart considera que el voltaje del generador AC esta OK. El módulo autostart nunca intentará cargar el MG a menos que el nivel de voltaje AC se encuentre arriba de este nivel.

Gen OV Trip	500 V	**(50-600 VAC)** El módulo autostart apaga el generador e indica " GEN OVERVOLTS" (Sobrevoltaje en el generador) si alguna de las tres fases sobrepasa este nivel programado.
CT Ratio	1000:5	**(10:5 - 5000:5)** El módulo autostart mide la corriente del generador utilizando transformadores de corriente (con bobinas de 5 amperios en el secundario). Para obtener una medición correcta de corriente, hay que ingresar el valor correcto de relación de transformación.
Full Load	500 A	**(2 a 5000 A)** Este ajuste debe coincidir con la corriente a plena carga del generador. Este ajuste y el ajuste de IDMT establecen el tiempo de respuesta al disparo por sobrecarga y los avisos y alarmas de sobre corriente.
IDMT Constant	36	**(10 a 50)** La curva de disparo por sobre corriente tiene una característica IDMT, la cual da una rápida respuesta para grandes sobrecargas y una baja respuesta para pequeñas sobrecargas. Un ajuste alto de la constate IDMT ocasionan un prolongado tiempo de disparo (para un valor prefijado de sobre corriente). Para este ajuste deben consultarse las especificaciones del generador.
I Trip (xFLC)	3.0	**(1.0 a 3.0)** Permite establecer un límite de corriente máxima, arriba del cual el módulo autostart instantáneamente se disparará, ignorando el tiempo de respuesta de la constante IDMT. Este ajuste es utilizado como múltiplos de la corriente de plena carga.
Over I	RELEASE	Establece la respuesta a una condición de sobre corriente en el generador.
		Release: El módulo autostart bota la carga y despliega en la pantalla " Gen Over I" (Sobre corriente en el generador) pero permite al generador seguir operando sin carga. El módulo autostart intentará reconectar la carga cuando se encuentre dentro de los límites establecidos. Excepto cuando una entrada ha sido programada como "load reset" (restablecer la carga).
		Shutdown: El modulo autostart inmediatamente bota la carga y apaga el generador, desplegando en la pantalla "gen Over I" (Sobre corriente en el generador).
Crank Cut	20 Hz	**(5 a 25 Hz)** Establece la frecuencia para liberar el intento de arranque, Cuando la AC es utilizada para monitorear la velocidad.
Undr frec	45 Hz	**(40 a 60 Hz)** Establece el nivel bajo de frecuencia, cuando la AC es utilizada para monitorear la velocidad.
Over Frec	55 Hz	**(50 a 70 Hz)** Establece la sobre frecuencia de disparo cuando la AC es utilizada monitorear la velocidad.
Over Hz	shudown	Versión 2.2 para arriba únicamente. Cuando se ajusta en "ignore" deshabilita el apagado del generador por sobre frecuencia dado que: a) La velocidad del generador se monitorea por medio de un sensor magnético y b) La velocidad medida esta por debajo del nivel de disparo por sobre velocidad. La condición "Ignore" es utilizada típicamente cuando hay exceso de ruido por alta frecuencia en la señal de AC.
Mag pick up	NO	**(Yes or NO)** habilita y deshabilita el monitoreo de velocidad por medio de un sensor magnético.
MPU teeth	60	**(1 a 250)** Cuando se utiliza un sensor magnético, ingrese el número de dientes del volante.

Crank cut	525	**(100 a 1500 RPM)** Establece la frecuencia para liberar el intento de arranque, cuando la velocidad es monitoreada por medio de un sensor magnético.
Undr speed	1350	**(500 a 3550 RPM)** Establece el nivel de baja velocidad, cuando la velocidad es monitoreada por medio de un sensor magnético.
Over speed	1650	**(1000 a 5400 RPM)** Establece el nivel de disparo por sobre velocidad, cuando la velocidad es monitoreada por medio de un sensor magnético.
O/S Override	0 %	**(0 a 25%)** Establece un porcentaje adicional de disparo por sobre velocidad durante el tiempo de arranque.
U F/RPM	RELEASE	Establece la respuesta del generador a una condición de Velocidad/frecuencia.
		Release: El módulo autostart bota la carga y despliega en la pantalla " UNDER SPEED/FREQI" (Baja velocidad o frecuencia) pero permite al generador seguir operando sin carga. El módulo autostart intentará reconectar la carga cuando la velocidad o frecuencia se encuentren dentro de los límites establecidos
		Shutdown: El módulo autostart inmediatamente bota la carga y apaga el generador, desplegando en la pantalla "UNDER SPEED/FREC" (Baja frecuencia o velocidad en el generador).
Load in MAN	NO	Este ajuste afecta el funcionamiento del generador cuando se encuentra en modo manual, ya que el módulo autostart intentará conectar o no la carga si se produce una falla de red comercial .
		YES: El módulo autostart activa el contactor de salida si el generador se encuentra trabajando dentro de los parámetros normales.
		NO: El contactor de salida nunca operará en modo manual.
Remote Start	OP +VE	Permite que el arranque remoto (pin 18) sea activado con un contacto positivo normalmente cerrado o normalmente abierto. (OP = Abierto, CL= Cerrado)
Input 3	close -VE	Establece el estado "Activo" de la entrada programable 3. Esta entrada puede ajustarse para un contacto remoto, el cual se abre ó se cierra (estado activo); el contacto deberá cablearse desde la entrada al negativo de la batería.
Input 3 Action	+++not used+++	Establece la acción que el módulo autostart ejecutará cuando la entrada 3 sea activada. **+++ Not used+++** se selecciona cuando la entrada no se utiliza y puede dejarse como un circuito abierto.
		Se utiliza con el contacto remoto de un sensor de falla para el apagado del generador. Una entrada activa emitirá la alarma únicamente si el generador se encuentra operando y el tiempo de ignorar la falla ha concluido. Típicamente se utiliza para una falla por bajo voltaje.
		Es similar a la anterior, pero la alarma se emitirá en cualquier momento, este operando o no el generador. Los usos típicos son: incendio, pérdida de refrigerante, fallas a tierra.
		Se utiliza con el contacto remoto de un sensor de falla para emitir una alarma (pero no el apagado del generador). Una entrada activa emitirá la alarma únicamente si el generador se encuentra operando y el tiempo de ignorar la falla ha concluido. Típicamente se utiliza para pre-alarmas, alarmas de temperatura, alarmas de sobre corriente.

		Es similar a la anterior, pero la alarma se emitirá en cualquier momento, este operando ó no el generador. Los usos típicos son: bajo/alto nivel de combustible, baja temperatura ambiente.
		Se utiliza para mostrar en pantalla un estado, sin la activación de ninguna salida de alarma o alerta. El mensaje se muestra en la pantalla únicamente si el generador esta operando y el tiempo de ignorar la falla ha concluido. Los usos típicos son:"Voltaje OK", "A plena carga"
		Es similar a la anterior, pero el mensaje se mostrará en cualquier momento, este operando ó no el generador. Los usos típicos son: Batería en recarga, red disponible.
		El módulo autostart desactiva el contactor de salida, botando la carga.
		Se muestra en pantalla Lamp test, los LEDs de auto y manual se encienden y cualquier salida programada para Lamp Test es activada.
		Una entrada activa inhibirá indefinidamente la retransferencia de carga.
		Permite al generador arrancar sin transferencia de carga.
		Permite apagar cualquier salida de alarma audible, sin afectar la alerta de alarma.
		Permite la reactivación del contactor principal una vez que el contactor del generador ha tomado la carga,
		Permite que el modo de operación manual ó automático pueda seleccionarse remotamente.
		Permite el uso de esta entrada como un botón de arranque manual. Cuando el módulo autostart esta en modo manual, la activación de esta entrada origina una secuencia de arranque.
		Permite el uso de esta entrada como un botón de paro manual. Cuando el módulo autostart esta en modo manual, la activación de esta entrada origina una secuencia de paro.
Input 3 Message	INPUT 3	Este es un mensaje de16 caracteres por falla o alerta, programado cuando la entrada 3 ha sido configurada bajo ciertas condiciones. Cuando la entrada se activa, el mensaje es mostrado en pantalla. Para cambiar el mensaje se utilizan las flechas para mover el cursor y la tecla enter para confirmar el mensaje.
Input 4	close -VE	Establece el estado "Activo" de la entrada programable 4.Se configura igual que la entrada 3.
Input 4 Action	+++not used+++	Establece la acción que el módulo autostart ejecutará cuando la entrada 4 sea activada. Se configura igual que la entrada 3.
Input 4 Message	INPUT 4	Este es un mensaje de16 caracteres por falla o alerta, programado igual que la entrada 3.
Input 5	close -VE	Establece el estado "Activo" de la entrada programable 5.Se configura igual que la entrada 3.
Input 5 Action	+++not used+++	Establece la acción que el módulo autostart ejecutará cuando la entrada 5 sea activada. Se configura igual que la entrada 3.
Input 5 Message	INPUT 5	Este es un mensaje de16 caracteres por falla ó alerta, programado igual que la entrada 3.

LOP Sensor	LOP:swch cls-VE	Establece la entrada de presión de aceite (pin 12) para utilizarse con un sensor resistivo ó un switch de falla.
		Dos opciones son permitidas al utilizar un switch de falla: Switch abierto cuando aparece la falla, switch cerrado cuando aparece la falla. El switch deberá cablearse entre el pin 12 y el pin 14. El pin 14 es el mismo negativo de la batería. (Una entrada activa origina el apagado inmediato del motor).
		Cuatro opciones de sensor de presión de aceite son permitidas (Murphy, Datcon, VDO 7 y VDO5) El módulo autostart permite la medición y despliega en pantalla de las lecturas de presión de aceite, así como sus pre alarmas, avisos o un apagado del motor. Deberán utilizarse sensores de dos cables conectados entre el pin 12 y el pin 14. El pin 14 debe estar a tierra.
Oil Pressure	psi	**(PSI o BAR)** Esta y las siguientes dos opciones aparecen en pantalla cuando se ha seleccionado un sensor resistivo. En esta opción se selecciona las unidades de medida de la presión de aceite y sus valores de alarma. PSI (Libras por pulgada cuadrada) o BAR (atmósferas)
LOP shut	12 psi	**(10-100 psi o 6-6.9 bar)** Si la presión de aceite cae debajo de este valor, el módulo autostart apagará el motor y mostrará en pantalla "low oil pressure" (baja presión de aceite).
LOP warn	18 psi	**(10-100 psi o 6-6.9 bar)** Si la presión de aceite cae debajo de este valor, el módulo autostart mostrará en pantalla "low oil pressure" (baja presión de aceite), pero permitirá al motor seguir operando.
Sender fail	on	**(versión 1.03 para arriba únicamente)** Si la impedancia del sensor esta fuera de los limites estándares ó mal configurado, aparecerá en pantalla en mensaje "sender fail" (falla de sensor). Si se selecciona el modo "off" se deshabilita la opción de falla de sensor.
HET sensor	HET:swch cls-VE	Establece la entrada para temperatura del motor (pin 13) puede utilizarse un sensor resistivo ó un switch de falla.
		Dos opciones son permitidas al utilizar un switch de falla: Switch abierto cuando aparece la falla, switch cerrado cuando aparece la falla. El switch deberá cablearse entre el pin 13 y el pin 14. El pin 14 es el mismo negativo de la batería. (Una entrada activa origina el apagado inmediato del motor)
		Cuatro opciones de sensor de temperatura son permitidas (Murphy, Datcon, VDO y BMI) El módulo autostart permite la medición y despliega en pantalla las lecturas de temperatura, así como sus pre alarmas, avisos ó un apagado del motor. Deberán utilizarse sensores de dos cables conectados entre el pin 13 y el pin 14. El pin 14 debe estar a tierra.
Eng Temp in:	°C	**(°C o °F)** Esta y las siguientes dos opciones aparecen en pantalla cuando se ha seleccionado un sensor resistivo. En esta opción se selecciona las unidades de(celcius o Fahrenheit).
HET Shut	106 °C	**(80 a 140 °C o 176 a 284 °F)** Si la temperatura del motor sube de este valor, el módulo autostart apagará el motor y mostrará en pantalla "high engine temp" (alta temperatura del motor).

HET warn	102 °C	**(80 a 140 °C o 176 a 284 °F)** Si la temperatura del motor sube de este valor, el módulo autostart mostrará en pantalla "high engine temp" (alta temperatura del motor), pero permitirá al motor seguir operando.
Prog Output 1	Gen contactor	Establece la función de la salida programable 1 en los pines 7 y 8 (tiene más de 40 posibilidades).
Prog Output 2	Common Alarm	Establece la función de la salida programable 2 en el pin 9 (tiene más de 40 posibilidades).
Prog Output 3	+++ Not used +++	Establece la función de la salida programable 2 en el pin 10 (tiene más de 40 posibilidades).
Prog Output 4	+++ Not used +++	Establece la función de la salida programable 2 en el pin 11 (tiene más de 40 posibilidades).

Fuente: **Manual técnico Murphy AS731. Instrucciones de instalación del controlador, sección B: Programación, firmware V1.00-V1.02 mi6129-SP revisión B noviembre 2001.**

Anexo 2. Configuración del módulo de control Deep Sea Electronics 720

Parameter	Minimum	Maximum	Default
Timers			
0 - Start Delay	0 secs	60 mins	***5 secs***
1 - Preheat	0 secs	60 secs	***0 secs***
2 - Cranking Time	3 secs	60 secs	***10 secs***
3 - Crank Rest Time	3 secs	60 secs	***10 secs***
4 - Safety On Delay	8 secs	60 secs	***8 secs***
5 - Warm Up Time	0 secs	10 mins	***0 secs***
6 - Frequency Alarm Delay (gen transient delay)	0 secs	10 secs	***0 secs***
7 - Remote Stop Delay Time	0 secs	60 mins	***30 secs***
8 - Cooling Time	0 secs	30 mins	***1 min***
9 - ETS Hold Time	0 secs	60 secs	***0 secs***
10 - Fail To Stop Delay Time	10 secs	60 secs	***60 secs***
11 - Low DC Voltage Alarm Delay	0 secs	60 mins	***5 mins***
Generator			
12 - Under Frequency	0	60Hz	***40Hz***
13 - Loading Frequency	20Hz	60Hz	***47Hz***
14 - Over Frequency	50Hz	72Hz	***57Hz***
15 - Loading Voltage	50V	333V	***212V***
16 - Over Current Alarm Limit	50%	120%	***110%***
17 - Over Current Alarm Type	0	2	***1***
Possible selections	0 - Warning		
	1 - Shutdown		
	2 - Electrical Trip		
Engine			
18 - Low DC Voltage Alarm Limit	0	25V	***8V***
19 - Charge Fail Voltage Alarm Limit	0V	25V	***8V***
Input settings			
20 - Low Oil Pressure	5 PSI	150 PSI	***15 PSI***
21 - High Engine Temperature	90°C	150°C	***95°C***
22 - Remote Start / Simulated Mains input	0	3	***0***
Possible selections :	***0 - Remote start, close to activate***		
	1 - Remote start, open to activate		
	2 - Simulated mains, close to activate		
	3 - Simulated mains, open to activate		
23 - Aux Input 1 (see note 5)	0	9	***8***
Possible selections :	0 - Delayed, warning, close to activate		
	1 - Delayed, warning, open to active		
	2 - Immediate, warning, close to activate		
	3 - Immediate, warning, open to activate		
	4 - Delayed, shutdown, close to activate		
	5 - Delayed, shutdown. Open to activate		
	6 - Immediate, shutdown, close to activate		
	7 - Immediate, shutdown, open to activate		
	8 - Lamp test, close to activate		
	9 - Lamp test, open to activate		

24 - Aux Input 1 delay	0 secs	10.0 secs	***0***
25 - Aux Input 2 (see note 6)	0	9	***0***
Possible selections :	***0 - Delayed, warning, close to activate***		
	1 - Delayed, warning, open to active		
	2 - Immediate, warning, close to activate		
	3 - Immediate, warning, open to activate		
	4 - Delayed, shutdown, close to activate		
	5 - Delayed, shutdown. Open to activate		
	6 - Immediate, shutdown, close to activate		
	7 - Immediate, shutdown, open to activate		
	8 - Electrical trip, close to activate		
	9 - Electrical trip, open to activate		
26 - Aux Input 2 delay	0 sec	10.0 secs	***0***
Outputs			
27 - Aux Output 1	0	15	***1***
Possible selections :	0 - Unused		
	1 - Preheat Mode 0		
	2 - Air Flap		
	3 - Close Generator		
	4 - Energise to stop		
	5 - Engine Running		
	6 - Shutdown Alarm		
	7 - System in auto		
	8 - Auxiliary input 1 active		
	9 - Auxiliary input 2 active		
	10 - Preheat mode 1		
	11 - Preheat mode 2		
	12 - Preheat mode 3		
	13 - Warning Alarm		
	14 - Common Alarm		
	15 - Fail to start		
28 - Aux Output 2	0	15	***14***
Possible selections :	0 - Unused		
	1 - Preheat Mode 0		
	2 - Air Flap		
	3 - Close Generator		
	4 - Energise to stop		
	5 - Engine Running		
	6 - Shutdown Alarm		
	7 - System in auto		
	8 - Auxiliary input 1 active		
	9 - Auxiliary input 2 active		
	10 - Preheat mode 1		
	11 - Preheat mode 2		
	12 - Preheat mode 3		
	13 - Warning Alarm		
	14 - Common Alarm		
	15 - Fail to start		

LCD Indicators			
29 - LCD indicator 1	0	15	***8***
Possible selections :	0 - Unused		
	1 - Preheat Mode 0		
	2 - Air Flap		
	3 - Close Generator		
	4 - Energise to stop		
	5 - Engine Running		
	6 - Shutdown Alarm		
	7 - System in auto		
	8 - Auxiliary input 1 active		
	9 - Auxiliary input 2 active		
	10 - Preheat mode 1		
	11 - Preheat mode 2		
	12 - Preheat mode 3		
	13 - Warning Alarm		
	14 - Common Alarm		
	15 - Fail to start		
30 - LCD indicator 2	0	15	***9***
Possible selections :	0 - Unused		
	1 - Preheat Mode 0		
	2 - Air Flap		
	3 - Close Generator		
	4 - Energise to stop		
	5 - Engine Running		
	6 - Shutdown Alarm		
	7 - System in auto		
	8 - Auxiliary input 1 active		
	9 - Auxiliary input 2 active		
	10 - Preheat mode 1		
	11 - Preheat mode 2		
	12 - Preheat mode 3		
	13 - Warning Alarm		
	14 - Common Alarm		
	15 - Fail to start		
Misc			
31 - Full Load Current Rating	5A	6000A	***500A***
32 - Current Transformer Primary	5A	6000A	***500A***
33 - Alternator Poles	2	8	***4***
34 - AC Topology (see note 1)	0	1	***0***
Possible selections :	***0 - 3 phase, 4 wire***		
	1 - Single phase, 2 wire		
35 - Oil Pressure Display Units	0	1	***0***
Possible selections :	***0 - Bar / PSI***		
	1 - Kpa		

36 - Oil pressure sender type	0 - Not used		
	1 - Digital closed for low oil pressure		
	2 - Digital open for low oil pressure		
	3 - VDO 5 bar		
	4 - VDO 10 bar		
	5 - Datcon 5 bar		
	6 - Datcon 10 bar		
	7 - Datcon 7 bar		
	8 - Murphy 7 bar		
	9 - User configured		
37 - Coolant temperature sender type	0 – Not used		
	1 - Digital closed for high temperature		
	2 - Digital open for high temperature		
	3 - VDO 120°C		
	4 - Datcon high		
	5 - Datcon low		
	6 - Murphy		
	7 - Cummins		
	8 - PT100		
	9 - User configured		
Mains			
38 - Immediate Mains Dropout	0	1	***1***
Possible selections :	0 - No ***1 - Yes***		
39 - Mains Undervolt Trip	50V	333V	***184V***
40 - Mains Undervolt Return	50V	333V	***207V***
41- Mains Overvolt Return	50V	333V	***253V***
42 - Mains Overvolt Trip	50V	333V	***276V***
43 - Mains transient Delay	0 sec	30 sec	***0 sec***

Fuente: **Deep Sea Electronics PLC Operating Manual DSE720. Highfield House Hunmanby North Yorkshire YO14 0PH ENGLAND.**